

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-283586

(43)Date of publication of application : 03.10.2002

(51)Int.Cl.

B41J 2/175
G01F 23/22

(21)Application number : 2001-093392

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 28.03.2001

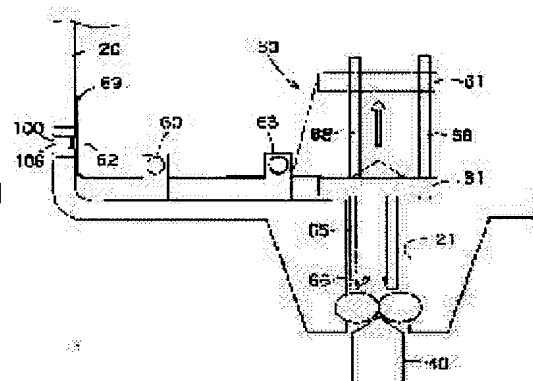
(72)Inventor : TAMURA NOBORU

(54) INK CARTRIDGE AND INK JET RECORDER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To monitor a quantity of an ink in an ink cartridge with high reliability.

SOLUTION: A liquid level detecting device having a piezoelectric device 106 and a vibrating section isolating means 60 is attached to an ink vessel 20 of the ink cartridge. The piezoelectric device 106 is equipped with a vibrating section at least the part of which is disclosed to an ink containing space of the ink vessel 20 and has a function for vibrating the vibrating section by receiving a driving signal and outputting a back electromotive force signal generated corresponding to the vibrating condition of the vibrating section. The vibrating section isolating means 60 isolates the vibrating section of the piezoelectric device 106 from the ink in the ink containing space before the ink cartridge is loaded to a body of a recorder and allows the vibrating section to contact the ink in the ink containing space when the ink cartridge is loaded to the body of the recorder.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the ink cartridge of the recording apparatus which records in ink, it has the ink container which holds ink, and liquid level detection equipment with which said ink container was equipped. Said liquid level detection equipment With the function to have the oscillating section which exposed at least the part to the ink hold space of said ink container, and to vibrate said oscillating section in response to a driving signal The piezoelectric device which has the function which outputs the signal of back EMF generated according to the vibrational state of said oscillating section, While isolating said oscillating section of said piezoelectric device from the ink in said ink hold space before equipping the body of said recording device with said ink cartridge The ink cartridge characterized by having an oscillating section isolation means to contact said oscillating section of said piezoelectric device in the ink in said ink hold space when the body of said recording device is equipped with said ink cartridge.

[Claim 2] The ink feed hopper by which the ink supply needle of the body of said recording device is inserted in said ink container in case the body of said recording device is equipped with said ink cartridge is formed. The mobile which said oscillating section isolation means engages with said ink supply needle inserted in said ink feed hopper, and moves with said ink supply needle, The tape member which covers said oscillating section of said piezoelectric device, and isolates said oscillating section from the ink in said ink hold space, It ****. The ink cartridge according to claim 1 characterized by for said tape member being pulled by said mobile which engages and moves to said ink supply needle in case the body of said recording device is equipped with said ink cartridge, and canceling the cover of said oscillating section by said tape member.

[Claim 3] Said ink cartridge is faced that the body of said recording device is equipped. Pass the 1st location before the cover of said oscillating section by said oscillating section isolation means is canceled. It is what moves to the 2nd location in the condition that the cover of said oscillating section by said oscillating section isolation means was canceled, and the body of said recording device was equipped with said ink cartridge. Are in the condition that the body of said piezoelectric device and said recording device was electrically connected in said 1st and 2nd locations, and it sets in said 1st and 2nd locations. The ink cartridge according to claim 1 or 2 characterized by being made as [transmit / to the body of said recording device / the residual vibration signal outputted from said piezoelectric device after supplying a driving signal to said piezoelectric device and vibrating said oscillating section].

[Claim 4] The ink jet type recording apparatus characterized by having the body of a recording apparatus with which claim 1 thru/or any 1 term of 3 are equipped with the ink cartridge of a publication, and said ink cartridge, and a liquid level judging means to judge the liquid level of the ink in said ink cartridge based on the output signal from said piezoelectric device.

[Claim 5] An ink cartridge according to claim 3 and the body of a recording device with which it is equipped with said ink cartridge, It has a liquid level judging means to judge the liquid level of the ink in said ink cartridge based on the output signal from said piezoelectric device. Said liquid level judging means It is based on the residual vibration signal which originates in the residual vibration of said oscillating section after supplying the driving signal to said piezoelectric device in said 1st location and vibrating said oscillating section, and is outputted from said piezoelectric device. While measuring

the resonance frequency of the residual vibration signal in the condition that ink does not touch said oscillating section and memorizing as initial resonance frequency When the resonance frequency of the residual vibration signal which originates in the residual vibration of said oscillating section after supplying the driving signal to said piezoelectric device in said 2nd location and vibrating said oscillating section, and is outputted from said piezoelectric device carries out abbreviation coincidence at said initial resonance frequency The ink jet type recording device characterized by judging it as that to which the oil level of the ink in said ink container fell across the installation location of said oscillating section.

[Claim 6] Said initial resonance frequency measured in said 1st location when said liquid level judging means equipped said body of a recording device with said ink cartridge, Said resonance frequency measured in said 2nd location when equipping said body of a recording device with said ink cartridge similarly is compared. The ink jet type recording device according to claim 5 characterized by judging that abnormalities are in said liquid level detection equipment when a change significant among both is not seen.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ink cartridge which has the function which supervises volume especially using a piezoelectric device, and an ink jet type recording device with respect to an ink cartridge and an ink jet type recording device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the ink jet type recording device, the ink jet recording head which has a pressure generating means to pressurize a pressure generating room, and the nozzle orifice which injects the pressurized ink as an ink droplet is carried in carriage.

[0003] It consists of ink jet type recording devices possible [continuation of printing] by continuing supplying the ink in an ink tank (ink container) to a recording head through passage. The ink tank is constituted as a removable cartridge which a user can exchange easily, when ink is consumed.

[0004] Conventionally, there are an approach of software integrating the amount of ink attracted by the number of injection of the ink droplet in a recording head or maintenance as a management method of ink consumption of an ink cartridge, and managing ink consumption by count, a method of managing the time of specified quantity consumption of the ink actually being carried out by attaching the electrode for oil-level detection in an ink cartridge, etc.

[0005] However, there are the following problems in the approach of software integrating the number of regurgitation and the amount of ink of an ink droplet, and managing ink consumption on count. In a head, some which have weight variation are in a regurgitation ink droplet. Although the weight variation of this ink droplet does not affect image quality, it has filled up the ink cartridge with the ink of an amount which gave the margin in consideration of the case where the error of the ink consumption by variation accumulates. Therefore, the problem that ink remains by the margin depending on an individual arises.

[0006] As for the approach of on the other hand managing the time of ink being consumed with an electrode, the amount of real of ink is detectable. For this reason, an ink residue is manageable with high dependability. However, since it depends for detection of the oil level of ink on the conductivity of ink, the class of detectable ink is limited or the seal structure of an electrode may be complicated. Moreover, as an ingredient of an electrode, since noble metals also with high corrosion resistance with sufficient conductivity are used, the manufacturing cost of an ink cartridge usually increases. Furthermore, since it is necessary to equip with two electrodes, a production process will increase and a manufacturing cost will increase as a result.

[0007] The piezoelectric device which could detect the liquid residue correctly and made complicated seal structure unnecessary and with which a liquid container is equipped is indicated by the application for patent No. 147052 [2000 to] that the above-mentioned technical problem should be solved. Moreover, while asking an application for patent No. 147123 [2000 to] for the presumed consumption condition of ink as a means for detecting the oil level of ink correctly based on the number of injection of an ink droplet, a means to detect the real consumption condition of ink using a piezoelectric device is indicated.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] According to the technique concerning the patent

application mentioned above, the ink residue in an ink cartridge can be supervised using the resonance frequency of the residual vibration signal which originates in the residual vibration of the oscillating section of a piezoelectric device, and is generated in the case where the case where ink exists in the space which counters the oscillating section of a piezoelectric device, and ink do not exist changing.

[0009] However, in the Prior art, since resonance frequency in case ink does not exist in the space which counters the oscillating section of a piezoelectric device was not known in advance, it was difficult to detect the time of ink being lost correctly.

[0010] This invention is accomplished in consideration of the situation mentioned above, and aims at offering the ink jet type recording device equipped with the ink cartridge and this which can supervise the amount of ink in an ink cartridge under high dependability.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In the ink cartridge of the recording apparatus on which this invention records in ink in order to solve the above-mentioned technical problem It has the ink container which holds ink, and liquid level detection equipment with which said ink container was equipped. Said liquid level detection equipment With the function to have the oscillating section which exposed at least the part to the ink hold space of said ink container, and to vibrate said oscillating section in response to a driving signal The piezoelectric device which has the function which outputs the signal of back EMF generated according to the vibrational state of said oscillating section, While isolating said oscillating section of said piezoelectric device from the ink in said ink hold space before equipping the body of said recording device with said ink cartridge When the body of said recording device is equipped with said ink cartridge, it is characterized by having an oscillating section isolation means to contact said oscillating section of said piezoelectric device in the ink in said ink hold space.

[0012] Moreover, the ink feed hopper by which the ink supply needle of the body of said recording device is preferably inserted in said ink container in case the body of said recording device is equipped with said ink cartridge is formed. The mobile which said oscillating section isolation means engages with said ink supply needle inserted in said ink feed hopper, and moves with said ink supply needle, The tape member which covers said oscillating section of said piezoelectric device, and isolates said oscillating section from the ink in said ink hold space, It ****, and in case the body of said recording device is equipped with said ink cartridge, said tape member is pulled by said mobile which engages and moves to said ink supply needle, and the cover of said oscillating section by said tape member is canceled.

[0013] Preferably moreover, said ink cartridge Pass the 1st location before facing that the body of said recording device is equipped and canceling the cover of said oscillating section by said oscillating section isolation means. It is what moves to the 2nd location in the condition that the cover of said oscillating section by said oscillating section isolation means was canceled, and the body of said recording device was equipped with said ink cartridge. Are in the condition that the body of said piezoelectric device and said recording device was electrically connected in said 1st and 2nd locations, and it sets in said 1st and 2nd locations. After supplying a driving signal to said piezoelectric device and vibrating said oscillating section, it is made as [transmit / to the body of said recording device / the residual vibration signal outputted from said piezoelectric device].

[0014] The ink jet type recording apparatus according to this invention in order to solve the above-mentioned technical problem is the ink cartridge of one of the above. It is characterized by having the body of a recording apparatus with which it is equipped with said ink cartridge, and a liquid level judging means to judge the liquid level of the ink in said ink cartridge based on the output signal from said piezoelectric device.

[0015] In order to solve the above-mentioned technical problem, the ink jet type recording device by this invention The ink cartridge which can drive a piezoelectric device in the 1st and 2nd locations mentioned above, The body of a recording apparatus with which it is equipped with said ink cartridge, and a liquid level judging means to judge the liquid level of the ink in said ink cartridge based on the output signal from said piezoelectric device, A preparation and said liquid level judging means are based on the residual vibration signal which originates in the residual vibration of said oscillating section after supplying the driving signal to said piezoelectric device in said 1st location and vibrating said oscillating section, and is outputted from said piezoelectric device. While measuring the

resonance frequency of the residual vibration signal in the condition that ink does not touch said oscillating section and memorizing as initial resonance frequency When the resonance frequency of the residual vibration signal which originates in the residual vibration of said oscillating section after supplying the driving signal to said piezoelectric device in said 2nd location and vibrating said oscillating section, and is outputted from said piezoelectric device carries out abbreviation coincidence at said initial resonance frequency It is characterized by judging it as that to which the oil level of the ink in said ink container fell across the installation location of said oscillating section.

[0016] Moreover, when said liquid level judging means compares said initial resonance frequency measured in said 1st location when equipping said body of a recording device with said ink cartridge with said resonance frequency measured in said 2nd location when equipping said body of a recording device with said ink cartridge similarly and a significant change is not preferably seen among both, it is judged that abnormalities are in said liquid level detection equipment.

[0017]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains with reference to the ink cartridge and ink jet type recording device ***** drawing by 1 operation gestalt of this invention. The sign 1 in drawing 1 is carriage, and this carriage 1 is constituted so that it may show around at the guide member 4 and both-way migration may be carried out through the timing belt 3 driven by the carriage motor 2 at the shaft orientations of a platen 5.

[0018] It is equipped with the ink cartridge 7 which an ink jet type recording head is carried in the side which counters the record form 6 of carriage 1, and supplies ink to the upper part at a recording head removable.

[0019] The cap member 31 is arranged at the home position (inside of drawing, right-hand side) which is the non-printing area of this recording apparatus, and when the recording head carried in carriage 1 moves to a home position, this cap member 31 is constituted so that it may be pressed against the nozzle forming face of a recording head and a closed space may be formed between nozzle forming faces. And the pump unit 10 for giving negative pressure to the closed space formed of the cap member 31 under the cap member 31, and carrying out cleaning etc. is arranged.

[0020] And it is arranged so that the wiping means 11 equipped with elastic plates, such as rubber, can move horizontally near the printing area side in the cap member 31 as opposed to the migration locus of a recording head, it faces that carriage 1 carries out both-way migration at the cap member 31 side, and it is constituted so that the nozzle forming face of a recording head can be wiped away if needed.

[0021] Drawing 2 and drawing 3 show the detail and equal circuit of an actuator 106 as a piezoelectric device used in this operation gestalt. This actuator 106 detects change of an acoustic impedance by detecting the resonance frequency by residual vibration, and detects the consumption condition of the liquid in an ink container.

[0022] Drawing 2 (A) is the expansion top view of an actuator 106. Drawing 2 (B) shows the B-B cross section of an actuator 106. Drawing 2 (C) shows the C-C cross section of an actuator 106. Furthermore, drawing 3 (A) and drawing 3 (B) show the equal circuit of an actuator 106. Moreover, drawing 3 (C) and drawing 3 (D) show the circumference containing the actuator 106 when ink is filled in the ink cartridge, respectively, and its equal circuit, and drawing 3 (E) and drawing 3 (F) show the circumference containing the actuator 106 in case there is no ink into an ink cartridge, respectively, and its equal circuit.

[0023] The substrate 178 with which an actuator 106 has the opening 161 of a circle configuration in the center mostly, It is one field (it is hereafter called a "front face".) of a substrate 178 so that opening 161 may be covered. The diaphragm 176 arranged and the piezo-electric layer 160 arranged at the front-face side of a diaphragm 176, The up electrode 164 and the lower electrode 166 which insert the piezo-electric layer 160 from both, It has the auxiliary electrode 172 which is arranged between the up electrode terminal 168 electrically combined with the up electrode 164, the lower electrode terminal 170 electrically combined with the lower electrode 166, and the up electrode 164 and the up electrode terminal 168, and combines both electrically.

[0024] The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 have a circular part as each principal part. And each circular part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device.

[0025] A diaphragm 176 is formed in the front face of a substrate 178 so that opening 161 may be covered. A cavity 162 is formed of opening 161, the part of the facing diaphragm 176, and the opening 161 of a substrate (cavity formation member) 178. With the piezoelectric device, the field (henceforth a "rear face") of the substrate 178 of the opposite side faces the method of the inside of an ink container. Thereby, the cavity 162 is constituted so that a liquid (ink) may be contacted. in addition, even if a liquid enters in a cavity 162, a liquid does not leak to the front-face side of a substrate 178 — as — a diaphragm 176 — a substrate 178 — receiving — liquid — it is attached densely.

[0026] The lower electrode 166 is located in the front face of a diaphragm 176. The core of a circular part and the core of opening 161 which are the principal part of the lower electrode 166 are attached so that it may be mostly in agreement. In addition, the area of the circular part of the lower electrode 166 is set up so that it may become smaller than the area of opening 161.

[0027] On the other hand, arrangement formation of the piezo-electric layer 160 is carried out at the front-face side of the lower electrode 166 so that the core of the circular part and the core of opening 161 may be mostly in agreement. In this case, the area of the circular part of the piezo-electric layer 160 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of opening 161.

[0028] Arrangement formation is carried out at the front-face side of the piezo-electric layer 160 so that the core of a circular part and the core of opening 161 that the up electrode 164 is the principal part may be mostly in agreement. The area of the circular part of the up electrode 164 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of the circular parts of opening 161 and the piezo-electric layer 160.

[0029] Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 has structure inserted and crowded from a front-face and rear-face side, respectively by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166. Thereby, the deformation drive of the piezo-electric layer 160 may be carried out effectively. The circular part which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device in an actuator 106.

[0030] As mentioned above, this piezoelectric device is in contact with the diaphragm 176. Moreover, opening 161 has the largest area among the circular parts of the circular parts of the circular part of the up electrode 164, and the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166, and opening 161. The oscillating field (field of the oscillating section) which actually vibrates among diaphragms 176 for such structure is determined by opening 161.

[0031] Moreover, a diaphragm 176 is easier to vibrate according to each area of the circular parts of the circular part of the up electrode 164 and the piezo-electric layer 160 and the circular part of the lower electrode 166 being smaller than the area of opening 161.

[0032] Furthermore, the circular part of the lower electrode 166 is smaller among the circular part of the lower electrode 166 electrically connected with the piezo-electric layer 160, and the circular part of the up electrode 164. Therefore, the circular part of the lower terminal 166 determines the part which generates the piezo-electric effect among the piezo-electric layers 160.

[0033] The core of the circular parts of the piezo-electric layer 160 which forms a piezoelectric device, the up electrode 164, and the lower electrode 166 corresponds with the core of opening 161 mostly. moreover, the core of the opening 161 of a circle configuration of determining the vibrating part of a diaphragm 176 — the whole of an actuator 106 — it is mostly located at the core. Therefore, the core of the oscillating section of an actuator 106 is mostly in agreement with the core of an actuator.

[0034] Furthermore, since the principal part of a piezoelectric device and the vibrating part of a diaphragm 176 have a circular configuration, the oscillating section of an actuator 106 is a symmetrical configuration to the core of an actuator 106.

[0035] Thus, to the core of an actuator 106, since the oscillating section of an actuator 106 is a symmetrical configuration, it does not excite an unnecessary vibration which may be produced from the asymmetry of structure. For this reason, the detection precision of resonance frequency improves.

[0036] Moreover, since the oscillating section is an isotropic configuration, in the case of adhesion, it is hard to be influenced of dispersion in immobilization, and an ink container can be pasted equally.

That is, the mounting nature to the ink container of an actuator 106 is good.

[0037] Furthermore, since the compliance of a diaphragm 176 is large, attenuation of vibration becomes small and the precision of detection of resonance frequency can be improved.

[0038] Moreover, the knot of vibration of an actuator 106 is located the periphery section of a cavity 162, i.e., near the edge of opening 161.

[0039] The up electrode terminal 168 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172. On the other hand, the lower electrode terminal 170 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the lower electrode 166 electrically. Since the up electrode 164 is formed in the front-face side of the piezo-electric layer 160, it needs to have a level difference equal to the sum of the thickness of the piezo-electric layer 160, and the thickness of the lower electrode 166 while connecting with the up electrode terminal 168. It is difficult to form this level difference only with the up electrode 164. Even if it is possible to form a level difference in a loan only with the up electrode 164, the connection condition of the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 becomes weak, and there is risk of cutting. Then, the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 are connected, using an auxiliary electrode 172 as an auxiliary member. It becomes possible for the piezo-electric layer 160 and the up electrode 164 to serve as structure supported by the auxiliary electrode 172, and to be able to obtain a desired mechanical strength, and to ensure connection between the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 by doing in this way.

[0040] In addition, the oscillating field which faces a piezoelectric device and the piezoelectric device of the diaphragms 176 is the oscillating section which actually vibrates in an actuator 106. Moreover, as for the member contained in an actuator 106, being formed in one is desirable by being calcinated mutually. By forming an actuator 106 in one, the handling of an actuator 106 becomes easy.

[0041] Furthermore, an oscillation characteristic may improve by raising the reinforcement of a substrate 178. That is, by raising the reinforcement of a substrate 178, only the oscillating section of an actuator 106 vibrates and any parts other than the oscillating section do not vibrate among actuators 106. Moreover, in order for any parts other than the oscillating section of an actuator 106 not to vibrate, while making the piezoelectric device of an actuator 106 thinly and small in addition to raising the reinforcement of a substrate 178, it is also effective to make a diaphragm 176 thin.

[0042] It is desirable to use PZT (PZT), the PZT lanthanum (PLZT), or the lead loess piezoelectric film that does not use lead as an ingredient of the piezo-electric layer 160. As an ingredient of a substrate 178, it is desirable to use a zirconia or an alumina. Moreover, it is desirable to use the same ingredient as a substrate 178 for a diaphragm 176. Metals, such as the ingredient which has conductivity, for example, gold, silver, copper, platinum, aluminum, and nickel, can be used for the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170.

[0043] The predetermined location of the ink container of an ink cartridge 7 is equipped with the actuator 106 shown in drawing 2 and drawing 3 so that the liquid (ink) with which a cavity 162 is held in an ink container may be contacted. That is, a part of oscillating section [at least] of an actuator 106 is exposed to the hold space of an ink container. When the liquid is fully held in the ink container, the inside of a cavity 162 and its outside are filled by the liquid.

[0044] If the liquid of an ink container is consumed and an oil level descends below to the stowed position of an actuator, or it will be in the condition that a liquid does not exist in a cavity 162, on the other hand, a liquid remains only in a cavity 162 and it will be in the condition that a gas exists on the outside.

[0045] An actuator 106 detects the difference of the acoustic impedance resulting from change of this condition. By it, an actuator 106 can detect whether it is in the condition that the liquid is fully held in the ink container, or it is in the condition that a certain liquid more than fixed was consumed.

[0046] Next, the principle of the oil-level detection by the actuator is explained. An actuator 106 can detect change of the acoustic impedance of a liquid using change of resonance frequency. Resonance frequency is detectable by measuring back EMF produced by the residual vibration which remains in the oscillating section, after the oscillating section of an actuator vibrates. That is, the piezoelectric device mentioned above generates back EMF by the residual vibration which remains in the oscillating section of an actuator. The magnitude of back EMF changes with the amplitude of the oscillating

section of an actuator. Therefore, detection is so easy that the amplitude of the oscillating section of an actuator is large.

[0047] Moreover, the period from which the magnitude of back EMF changes changes with the frequency of the residual vibration in the oscillating section of an actuator. That is, the frequency of the oscillating section of an actuator is equivalent to the frequency of back EMF. Here, resonance frequency says the frequency in the resonance state with the medium which touches the oscillating section and the oscillating section of an actuator.

[0048] The oscillating field of an actuator 106 is a part which constitutes the cavity 162 determined by opening 161 among diaphragms 176. When the liquid is fully held in the ink container, in a cavity 162, a liquid is filled and the oscillating field touches the liquid in an ink container. On the other hand, when there is no enough liquid into an ink container, an oscillating field does not contact a liquid in contact with the liquid which remained in the cavity in an ink container, but contacts a gas or a vacuum.

[0049] Here, the actuation and the principle which detect the condition of the liquid in an ink container are explained from the resonance frequency of the medium and the oscillating section of an actuator 106 which are obtained by measurement of back EMF, referring to drawing 2 and drawing 3.

[0050] In an actuator 106, an electrical potential difference is impressed to the up electrode 164 and the lower electrode 166 through the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, respectively. For this reason, electric field arise into the part pinched by the up electrode 164 and the lower electrode 166 among the piezo-electric layers 160. The piezo-electric layer 160 deforms by this electric field. When the piezo-electric layer 160 deforms, the oscillating field of the diaphragms 176 oscillates flexurally. After the piezo-electric layer 160 deforms, flexural oscillation remains in the oscillating section of an actuator 106 for the time being.

[0051] Residual vibration is the free vibration of the oscillating section of an actuator 106, and a medium. Therefore, the resonance state of the oscillating section after impressing an electrical potential difference, and a medium can be easily acquired by making into pulse shape or a square wave the electrical potential difference impressed to the piezo-electric layer 160. Residual vibration is vibration of the oscillating section of an actuator 106, and is accompanied by deformation of the piezo-electric layer 160. For this reason, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. This back EMF is detected through the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170. Resonance frequency can be specified according to detected back EMF. Based on this resonance frequency, the existence of the liquid in an ink container is detectable.

[0052] Generally, it is resonance frequency f_s . $f_s = 1 / (2 * \pi * (M * C_{act})^{1/2})$ (formula 1)

It is come out and expressed. Here, M is the sum of the inertance M_{act} of the oscillating section, and addition inertance M' . C_{act} is the compliance of the oscillating section.

[0053] Drawing 2 (C) is the sectional view of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity 162 in this operation gestalt. Drawing 3 (A) and drawing 3 (B) are the oscillating section of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity 162, and the equal circuit of a cavity 162.

[0054] M_{act} should be the product of the thickness of the oscillating section, and the consistency of the oscillating section in the area of the oscillating section, and should show it to a detail at drawing 3 (A). $M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$ (formula 2)

It is expressed.

[0055] Here, M_{pzt} is the product of the thickness of the piezo-electric layer 160 and the consistency of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section in the area of the piezo-electric layer 160. $M_{electrode1}$ is the product of the thickness of the up electrode 164 and the consistency of the up electrode 164 in the oscillating section in the area of the up electrode 164. $M_{electrode2}$ is the product of the thickness of the lower electrode 166 and the consistency of the lower electrode 166 in the oscillating section in the area of the lower electrode 166. M_{vib} is the product of the thickness of a diaphragm 176 and the consistency of a diaphragm 176 in the oscillating section in the area of the oscillating field of a diaphragm 176.

[0056] However, although each area of the oscillating field of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176 has the above size relation so that M_{act} can be computed from the thickness, the consistency, and area as the whole oscillating section, the

minute thing of the difference of a mutual area is desirable.

[0057] Moreover, as for parts other than the circular part which are those principal parts, in this operation gestalt, it is desirable in the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 that it is so minute that it can ignore to the principal part. Therefore, in an actuator 106, M_{act} is the sum of each inertance of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176. Moreover, Compliance C_{act} is the compliance of the part formed of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176.

[0058] In addition, although drawing 3 (A), drawing 3 (B), drawing 3 (D), and drawing 3 (F) show the oscillating section of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162, in these equal circuits, C_{act} shows the compliance of the oscillating section of an actuator 106. C_{pzt} , $C_{electrode1}$ and $C_{electrode2}$, and C_{vib} show the compliance of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176, respectively. C_{act} is expressed with the following formulas 3.

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + 1/C_{vib} \quad (\text{formula 3})$$

From a formula 2 and a formula 3, drawing 3 (A) can also be expressed like drawing 3 (B).

[0059] Compliance C_{act} expresses the volume of the medium which can be received according to the deformation when putting a pressure on an unit area. That is, Compliance C_{act} expresses the ease of carrying out of deformation.

[0060] A liquid is fully held in an ink container and drawing 3 (C) shows the sectional view of the actuator 106 in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. A liquid is fully held in an ink container and M'_{max} of drawing 3 (C) expresses the maximum of an addition inertance (what \times (ed) the additional mass (mass which affects vibration of an oscillating field) by the square of area) in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. $M'_{max} = (\pi \cdot \rho / (2 \cdot k^3)) \cdot (2 \cdot (2 \cdot k \cdot a)^3 / (3 \cdot \pi)) / (\pi \cdot a^2)^2$ (formula 4)

(a is [the consistency of a medium and k of the radius of the oscillating section and ρ] the wave numbers.) — it is expressed.

[0061] In addition, a formula 4 is materialized when the radius a of the oscillating field of an actuator 106 is circular. Addition inertance M' is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. As shown in a formula 4, M'_{max} changes with the radius a of the oscillating section, and the consistencies ρ of a medium a lot.

[0062] Wave number $k = 2 \cdot \pi \cdot \text{fact} / c$ (formula 5)

(fact is the resonance frequency of the oscillating section.) c is the rate of the sound which spreads the inside of a medium. It is expressed.

[0063] A liquid is fully held in an ink container and drawing 3 (D) shows the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 3 (C) with which the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162.

[0064] Although the liquid of an ink container is consumed and drawing 3 (E) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the sectional view of the actuator 106 when the liquid remains is shown.

[0065] A formula 4 is a formula showing the greatest inertance M'_{max} determined from the consistency ρ of ink etc., when the liquid is filled by the ink container. Generally addition inertance M' when the liquid a liquid is around the oscillating field of an actuator 106 on the other hand, the liquid in an ink container being consumed and remaining in a cavity 162 is permuted by the gas or the vacuum is $M' = \rho \cdot t / S$. (formula 6)

It can express (in detail the formula 8 below—mentioned reference). Here, t is the thickness of the medium in connection with vibration. S is the area of the oscillating field of an actuator 106. It is $S = \pi \cdot a^2$ when the radius a of an oscillating field is circular.

[0066] Therefore, addition inertance M' follows a formula 4, when a liquid is fully held in an ink container and the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. On the other hand, a liquid is consumed, and a formula 6 is followed when the liquid around the oscillating field of an actuator 106 is permuted by the gas or the vacuum, a liquid remaining in a cavity 162.

[0067] Here, although the liquid of an ink container is consumed and there is no liquid around the oscillating field of an actuator 106 like drawing 3 (E), addition inertance M' when the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 is made into M'_{cav} for convenience, and is distinguished from addition inertance M'_{max} in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.

[0068] Although the liquid of an ink container is consumed and drawing 3 (F) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 3 (E) in which the liquid remains, and the equal circuit of a cavity 162 are shown.

[0069] Here, the parameters related to the condition of a medium are the consistency ρ of a medium, and thickness [of a medium] t in a formula 6. When the liquid is fully held in the ink container, a liquid contacts the oscillating section of an actuator 106. On the other hand, when the liquid is not fully held in the ink container, a liquid remains inside a cavity or a gas or a vacuum contacts the oscillating section of an actuator 106. The surrounding liquid of an actuator 106 is consumed and addition inertance M'_{var} in the process which shifts to M'_{cav} of drawing 3 (E) changes with the hold conditions of the liquid in an ink container from M'_{max} of drawing 3 (C) in connection with thickness t of the consistency ρ of a medium and a medium changing. Thereby, resonance frequency f_s also changes. Therefore, the amount of the liquid in an ink container is detectable by specifying resonance frequency f_s .

[0070] As shown in drawing 3 (E), when it considers as $t=d$ here and M'_{cav} is expressed using a formula 6, depth d of a cavity is substituted for t of a formula 6, and it is $M'_{cav}=\rho \cdot d/S$. (formula 7) It becomes.

[0071] Moreover, if a medium is a liquid with which classes differ mutually, since a consistency ρ changes with differences in a presentation, addition inertance M' differs from resonance frequency f_s . Therefore, the class of liquid is detectable by specifying resonance frequency f_s .

[0072] Drawing 4 (A) is a graph which shows relation with the resonance frequency f_s of the amount of the ink in an ink tank, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as one example of a liquid. An axis of ordinate shows resonance frequency f_s , and an axis of abscissa shows the amount of ink. When an ink presentation is fixed, resonance frequency f_s rises with the fall of an ink residue.

[0073] When ink is fully held in an ink container and ink is filled around the oscillating field of an actuator 106, the maximum addition inertance M'_{max} serves as a value expressed to a formula 4. On the other hand, when ink is not filled around the oscillating field of an actuator 106, ink being consumed and ink remaining in a cavity 162, it is addition inertance M'_{var} . It is computed by the formula 6 based on thickness t of a medium. The process in which ink is consumed gradually is also detectable by t in a formula 6 being small in d (referring to drawing 2 (B)) of the cavity 162 of the actuator 106 with which ink remains since it is the thickness of the medium in connection with vibration, namely, making a substrate 178 thin enough (refer to drawing 3 (C)). Here, t_{ink} considers as the thickness of the ink in connection with vibration, and sets $t_{ink-max}$ to t_{ink} in M'_{max} .

[0074] For example, an actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink on the base of an ink cartridge. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink becomes below the height of $t_{ink-max}$ from an actuator 106, M'_{var} will change with formulas 6 gradually and resonance frequency f_s will change with formulas 1 gradually. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of t , as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0075] Or an actuator 106 may be arranged almost perpendicularly by the side attachment wall of an ink cartridge to the oil level of ink. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink arrives at the oscillating field of an actuator 106, addition inertance M' will decrease with the fall of water level. Thereby, resonance frequency f_s increases gradually by the formula 1. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of diameter $2a$ (refer to drawing 3 (C)) of a cavity 162, as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0076] The curve X of drawing 4 (A) expresses relation with the resonance frequency f_s of the amount of the ink held in the ink tank the case where the cavity 162 of the actuator 106 arranged on the base is made shallow enough, and at the time of making greatly enough or long the oscillating field of the actuator 106 arranged at the side attachment wall, ink, and the oscillating section. While the amount of the ink in an ink tank decreases, he can understand signs that the resonance frequency f_s of ink and the oscillating section changes gradually.

[0077] The case where the process in which ink is consumed gradually is detectable in a detail is a case where both the liquids and gases from which a consistency differs mutually exist, and it is concerned with vibration, in the circumference of the oscillating field of an actuator 106 more. While liquids decrease in number, a gas increases the medium on the circumference of an oscillating field of an actuator 106, and in connection with vibration, as ink is consumed gradually.

[0078] For example, it is the case where an actuator 106 is horizontally arranged to the oil level of ink, and is tink. When smaller than tink-max, the medium in connection with vibration of an actuator 106 contains both ink and a gas. Therefore, when the condition of having become below M'max of a formula 4 is expressed with the additional mass of ink and a gas using the area S of the oscillating field of an actuator 106, it is. $M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \cdot t_{air} / S + \rho_{ink} \cdot t_{ink} / S$ (formula 8)

It becomes. Here, M'air is the inertance of air and M'ink is the inertance of ink. rhoair is the consistency of air and rhoink is the consistency of ink. tair is the thickness of the air in connection with vibration, and tink is the thickness of the ink in connection with vibration.

[0079] When the actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink as liquids decrease in number among the media in connection with the vibration in the circumference of an oscillating field of an actuator 106 and a gas increases, tair increases and tink decreases. By it, M'var decreases gradually and resonance frequency increases gradually. Therefore, the amount of the ink which remains in an ink tank, or the consumption of ink is detectable. In addition, in a formula 7, it is the formula of only the consistency of a liquid because the case of being so small that the consistency of air being disregarded is assumed to the consistency of a liquid.

[0080] When the actuator 106 is arranged almost perpendicularly to the oil level of ink, the media in connection with vibration of an actuator 106 are considered to be the field of only ink, and the equal circuit (not shown) of juxtaposition of the medium in connection with vibration of an actuator 106 with a gaseous field among the oscillating fields of an actuator 106. If the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of the field of only ink to Sink and the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of a gaseous field to Sair $1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air} / (\rho_{air} \cdot t_{air}) + S_{ink} / (\rho_{ink} \cdot t_{ink})$ (formula 9)

It becomes.

[0081] In addition, a formula 9 is applied when ink is not held at the cavity of an actuator 106. It is M'cav of M' and a formula 7 according to a formula 9 about an addition inertance in case ink is held at the cavity of an actuator 106. It is calculable with the sum.

[0082] Vibration of an actuator 106 cannot detect the process in which ink decreases in number gradually, when the actuator 106 is arranged on the base with extent with the depth slightly smaller than tink-max in which ink remains, since it changes to depth d to which ink remains from the depth of tink-max. In this case, it detects that the amount of ink changed from oscillating change of the actuator in the slight amount change of ink to depth d which remains from tink-max. Moreover, since oscillating change of an actuator when the path of opening (cavity) is small, while it is arranged on a side face, and passing opening is a minute amount, it is difficult to detect the amount of ink of a passage process, and a liquid ink side detects a top [opening] or the bottom.

[0083] For example, the curve Y of drawing 4 (A) shows relation with the resonance frequency fs of the amount of the ink in the ink tank in the case of a small circular oscillating field, ink, and the oscillating section. Between the differences Q of the amount of ink before and after the oil level of the ink in an ink tank passes through the stowed position of an actuator, signs that the resonance frequency fs of ink and the oscillating section is changing violently are shown. From this, it is detectable in an ink tank whether ink is carrying out specified quantity survival in binary.

[0084] Since the method of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 detects the existence of ink because a diaphragm 176 contacts a liquid and directly, compared with the approach of calculating the consumption of ink with software, its detection precision is high. Furthermore, although the approach conductivity detects the existence of ink using an electrode may be influenced according to the attaching position of the electrode to an ink container, and the class of ink, the approach of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 is hard to be influenced according to the attaching position of the actuator 106 to an ink container, and the class of ink.

[0085] Furthermore, since the both sides of an oscillation and detection of the existence of a liquid can be carried out using the single actuator 106, as compared with the approach of carrying out

oscillation and detection of the existence of a liquid using a different sensor, the number of the sensors attached in an ink container can be decreased. Therefore, an ink container with a volume detection function can be manufactured cheaply. In addition, it is desirable that it is [sound / which an actuator 106 generates working] quiet by setting the oscillation frequency of the piezo-electric layer 160 as a non-audible field.

[0086] Drawing 4 (B) shows an example of relation with the resonance frequency f_s of the consistency of ink, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as an example of a liquid, and "ink **" and "ink sky" (or "with no ink") mean two relative conditions, and do not mean the so-called ink full condition and ink, and a condition. As shown in drawing 4 (B), when an ink consistency is high, since an addition inertance becomes large, resonance frequency f_s falls. That is, resonance frequency f_s changes with classes of ink. Therefore, in case it is re-filled up with ink by measuring resonance frequency f_s , it can check whether the ink in which consistencies differed is mixed. That is, the ink tank which holds the ink in which classes differ mutually is discriminable.

[0087] Then, when the size and the configuration of a cavity are set up so that a liquid may remain in the cavity 162 of an actuator 106 even if the liquid in an ink container is the state of the sky, the conditions which can detect the condition of a liquid correctly are explained in full detail. If the condition of a liquid can be detected when the liquid is filled in the cavity 162, an actuator 106 can detect the condition of a liquid, even if it is the case where the liquid is not filled in the cavity 162.

[0088] Resonance frequency f_s is a function of Inertance M . Inertance M is the sum of the inertance M_{act} of the oscillating section, and addition inertance M' . Here, addition inertance M' is related to the condition of a liquid. Addition inertance M' is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. That is, the increment of the mass of the oscillating section by what (the inertance in connection with vibration increases) a medium is seemingly absorbed for by vibration of the oscillating section is said.

[0089] Therefore, $M'_{cav} < M'_{max}$ in a formula 4 When large, all the media absorbed seemingly are liquids which remain in a cavity 162. Therefore, it is the same as the condition that the liquid is filled in the ink container. In this case, the medium in connection with vibration is M'_{max} . Since it does not become small, change is undetectable even if ink is consumed.

[0090] On the other hand, when M'_{cav} is smaller than M'_{max} in a formula 4, the medium absorbed seemingly is the gas or vacuum in the liquid which remains in a cavity 162, and an ink container. Since M' changes unlike the condition that the liquid is filled in the ink container at this time, resonance frequency f_s changes. Therefore, an actuator 106 can detect the condition of the liquid in an ink container.

[0091] That is, the liquid in an ink container is the state of the sky, and when a liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106, the conditions on which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly are that M'_{cav} is smaller than M'_{max} . In addition, condition $M'_{max} > M'_{cav}$ to which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly is not concerned with the configuration of a cavity 162.

[0092] Here, it is M'_{cav} . It is the mass inertance of the liquid of a capacity almost equal to the capacity of a cavity 162. Therefore, $M'_{max} > M'_{cav}$ From inequality, an actuator 106 can express the conditions which can detect the condition of a liquid correctly as conditions for the capacity of a cavity 162. For example, when the radius of the opening 161 of the cavity 162 of a circle configuration is set to a and the depth of a cavity 162 is set to d , it is $M'_{max} > \rho \cdot d \cdot \pi a^2$. (formula 10)

It comes out. When a formula 10 is developed, it is $a/d > 3 \cdot \pi / 8$. (formula 11)

The conditions to say are searched for. Therefore, if it is the actuator 106 which has the cavity 162 which are the radius a of the opening 161 which fills a formula 11, and depth [of a cavity 162] d , even if the liquid in an ink container is the state of the sky and it is the case where a liquid remains in a cavity 162, the condition of a liquid can be detected, without incorrect-operating.

[0093] In addition, when the configuration of a cavity 162 is circular, a formula 10 and a formula 11 are restricted and are materialized. The formula of M'_{max} which corresponds when the configuration of a cavity 162 is not circular is used, and it is πa^2 in a formula 10. If it calculates by replacing with the area, the relation between dimensions, such as width of face of a cavity and die length, and the depth can be drawn.

[0094] In addition, it can be said that the approach of measuring back EMF generated in an actuator

106 by residual vibration has detected change of an acoustic impedance at least since addition inertance M' also influences an acoustic-impedance property.

[0095] Drawing 5 (A) And drawing 5 (B) shows the wave of the residual vibration of an actuator 106 after supplying the driving signal to the actuator 106 and vibrating the oscillating section, and the measuring method of residual vibration. The upper and lower sides like the liquid ink in the stowed position level of the actuator 106 in an ink cartridge are detectable with frequency change of the residual vibration after an actuator 106 oscillates, and change of the amplitude. Drawing 5 (A) And in drawing 5 (B), an axis of ordinate shows the electrical potential difference of back EMF generated by the residual vibration of an actuator 106, and an axis of abscissa shows time amount. By the residual vibration of an actuator 106, it is drawing 5 (A). And as shown in drawing 5 (B), the wave of the analog signal of an electrical potential difference occurs. Next, an analog signal is changed into the digital numeric value corresponding to the frequency of a signal (binarization). In the example shown in drawing 5 (A) and drawing 5 (B), the time amount which four pulses to 8 pulse eye produce from 4 pulse eye of an analog signal is measured.

[0096] More, in a detail, after an actuator 106 oscillates, the count which crosses the predetermined reference voltage set up beforehand from a low-battery side to a high-voltage side is counted. And the digital signal which set the between from four counts to eight counts to High is generated, and the time amount from four counts to eight counts is measured by the predetermined clock pulse.

[0097] Drawing 5 (A) is a wave in case a liquid ink side is in a high order rather than the stowed position level of an actuator 106. On the other hand, drawing 5 (B) is a wave in case there is no ink in the stowed position level of an actuator 106. When drawing 5 (A) is compared with drawing 5 (B), in drawing 5 (A), a ***** understands the time amount from four counts to eight counts from drawing 5 (B). A paraphrase changes the duration from four counts to eight counts by the existence of ink. The consumption condition of ink is detectable using a difference of this duration.

[0098] After vibration of an actuator 106 is stabilized, it counts for beginning measurement from 4 count eye of an analog wave. What it was presupposed that it is from 4 count eye is a mere example, and may count from the count of arbitration. Here, the signal from 4 count eye to 8 count eye was detected, and the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured by the predetermined clock pulse. It can ask for resonance frequency based on this time amount. There is no need that a clock pulse measures the time amount to 8 count eye, and it may be counted to the count of arbitration. In drawing 5, although the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured, according to the circuitry which detects a frequency, the time amount in a different counting interval may be detected.

[0099] For example, when fluctuation of the amplitude of a peak is small, in order the quality of ink is stable, and to gather the rate of detection, you may ask for resonance frequency by detecting the time amount from 4 count eye to 6 count eye. Moreover, the quality of ink is unstable, and when fluctuation of the amplitude of a pulse is large, in order to detect residual vibration correctly, the time amount from 4 count eye to 12 count eye may be detected.

[0100] Drawing 6 is the perspective view showing the configuration which used the actuator 106 as the attachment module object 100, and really formed it. The appointed number place of the ink container 1 of an ink cartridge is equipped with the module object 100. By [in liquid ink] detecting change of an acoustic impedance at least, the module object 100 is constituted so that the consumption condition of the liquid in a container 1 may be detected.

[0101] The module object 100 of this operation gestalt has the ink container attachment section 101 for attaching an actuator 106 in the ink container 1. The ink container attachment section 101 has the cylinder section 116 on the pedestal 102 in which a flat surface holds mostly the rectangular pedestal 102 and the actuator 106 oscillated with a driving signal. Moreover, when an ink cartridge is equipped, the module object 100 is constituted so that the actuator 106 of the module object 100 cannot contact from the outside. Thereby, an actuator 106 can be protected from external contact. In addition, the radius of circle is attached, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert in the tip side edge of the cylinder section 116.

[0102] Drawing 7 is the exploded view of the module object 100 shown in drawing 6. The module object 100 contains the ink container attachment section 101 which consists of resin, and the piezoelectric device applied part 105 (refer to drawing 6) which has a plate 110 and a crevice 113.

Furthermore, the module object 100 has reed wires 104a and 104b, an actuator 106, and a film 108. Preferably, a plate 110 is formed from ingredients which cannot rust easily, such as stainless steel or a stainless alloy.

[0103] While opening 114 is formed in a core so that the cylinder section 116 and the pedestal 102 which are included in the ink container attachment section 101 can hold reed wires 104a and 104b, the crevice 113 is formed in the perimeter of opening 114 so that an actuator 106, a film 108, and a plate 110 can be held.

[0104] An actuator 106 is joined to a plate 110 through a film 108, and a plate 110 and an actuator 106 are fixed to a crevice 113 (ink container attachment section 101). Therefore, reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are attached in the ink container attachment section 101 as one.

[0105] While reed wires 104a and 104b combine with the up electrode of an actuator 106, and a lower electrode, respectively and transmit a driving signal to a piezo-electric layer, they transmit the signal of the resonance frequency which the actuator 106 detected to a recording device etc.

[0106] An actuator 106 is temporarily oscillated based on the driving signal transmitted from reed wires 104a and 104b. Moreover, residual vibration of the actuator 106 is carried out after an oscillation, and it generates back EMF by the vibration. At this time, the resonance frequency corresponding to the consumption condition of the liquid in an ink container is detectable by detecting the period of vibration of the back EMF wave.

[0107] a film 108 — an actuator 106 and a plate 110 — pasting up — an actuator — liquid — it is made dense. As for a film 108, it is desirable to form with polyolefine etc. and to paste up by thermal melting arrival. By pasting up an actuator 106 and a plate 110 in the shape of a field with a film 108, and fixing, dispersion by the location of adhesion is lost and any parts other than the oscillating section do not vibrate. Therefore, even if it pastes up an actuator 106 on a plate 110, the oscillation characteristic of an actuator 106 does not change.

[0108] In addition, a plate 110 is a circle configuration and the opening 114 of a pedestal 102 is formed in the shape of a cylinder. The actuator 106 and the film 108 are formed in the shape of a rectangle. Reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are good also as removable to a pedestal 102. A pedestal 102, reed wires 104a and 104b, the actuator 106, the film 108, and the plate 110 are arranged to the medial axis of the module object 100 at the symmetry. moreover, the core of a pedestal 102, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 — the module object 100 — it is mostly arranged on the medial axis.

[0109] Moreover, the area of the opening 114 of a pedestal 102 is formed more greatly than the area of the oscillating field of an actuator 106. The through tube 112 is formed in the location which faces the oscillating section of an actuator 106 at the core of a plate 110. As shown in drawing 2 and drawing 3, the cavity 162 is formed in the actuator 106 and a through tube 112 and a cavity 162 form both ink reservoirs. In order to lessen effect of residual ink, compared with the path of a through tube 112, the small thing of the thickness of a plate 110 is desirable. For example, as for the depth of a through tube 112, it is desirable that it is 1/3 or less magnitude of the path. a through tube 112 is the symmetry to the medial axis of the module object 100 — it is the configuration of a perfect circle mostly. Moreover, the area of a through tube 112 is larger than the opening area of the cavity 162 of an actuator 106. The periphery of the cross section of a through tube 112 may be a taper configuration, and may be a step configuration.

[0110] The flank, the upper part, or the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 1 is equipped with the module object 100 so that a through tube 112 may turn to the inside of the ink container 1. If ink is consumed and the ink of the actuator 106 circumference is lost, based on the resonance frequency of an actuator 106 changing a lot, liquid level change of ink is detectable.

[0111] Drawing 8 is a sectional view near [when equipping the ink container 20 of an ink cartridge 7 with the module object 100 shown in drawing 6] the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 20. The through tube formed in the side attachment wall of the ink container 20 is equipped with the module object 100. O ring 90 is formed in the plane of composition of the side attachment wall of the ink container 20, and the module object 100, and **** of the module object 100 and the ink container 20 is maintained at it. Thus, since a seal is made with O ring 90, as for the module object 100, it is desirable to have the cylinder section which was explained by drawing 6.

[0112] The ink in the ink container 20 contacts an actuator 106 through the through tube 112 of a plate 110 because the tip of the module object 100 is exposed to the interior of the ink container 20. With a liquid or a gas, since the resonance frequency of the residual vibration of an actuator 106 differs, the perimeter of the oscillating section of an actuator 106 can detect the consumption condition of ink using the module object 100.

[0113] Drawing 9 is drawing having shown the system configuration for the principal part of the ink jet type recording device by this operation gestalt. As mentioned above, an ink cartridge 7 is equipped with an actuator (piezoelectric device) 106, and this actuator 106 has the oscillating section which may expose at least a part to the ink hold space of an ink cartridge 7, and has the function which outputs the signal of back EMF according to the vibrational state of said oscillating section with the function to vibrate said oscillating section in response to a driving signal.

[0114] The body 200 of a control device consists of computers which control an ink jet type recording device. The body 200 of a control device may be formed in the ink jet recording device, or the part or all the functions of the body 200 of a control device may be prepared in external devices, such as other computers connected to the ink jet type recording device. Furthermore, the function of some bodies 200 of a control device may be stored in the record media 203, such as a compact disk, as a program, and may be supplied through the input units 204, such as drive equipment.

[0115] The body 200 of a control unit is equipped with a liquid level judging means 201 to have the liquid level judging section 202 and the abnormality judging section 205. The liquid level judging section 202 of the liquid level judging means 201 judges the liquid level of the ink in an ink cartridge 7 based on the resonance frequency of the residual vibration signal which originates in the residual vibration of the oscillating section after supplying the driving signal to the actuator 106 and vibrating the oscillating section, and is outputted from an actuator 106. The liquid level judging section 202 measures the resonance frequency of a residual vibration signal by measuring the duration of the count initiation point in time of a pulse number to the time of counting the pulse of a predetermined number while measuring the number of the pulses for example, in a residual vibration signal. The ink end of an ink cartridge 7 can be judged by the liquid level judging section 202.

[0116] The liquid level judging section 202 of the liquid level judging means 201 can judge whether the oil level of ink passed through the location of the oscillating section of a piezoelectric device 106 using the resonance frequency of a residual vibration signal changing by the case where a liquid does not exist in a cavity 162 as shown in drawing 2 (C), and the case where not only the part of a cavity 162 but its front is filled with the liquid as shown in drawing 3 (C).

[0117] The body 200 of a control unit contains further the printing actuation control section 207, the print-data storage section 208, and the consumption information presentation section 209 which control the printing right hand side 206. The consumption information presentation section 209 shows a user the consumption status information which the liquid level judging means 201 detected using a display 210 and a loudspeaker 211. For example, the graphic form which shows a consumption condition to a display 210 is displayed, and the information sound or synthesized speech which shows an ink residue is outputted from a loudspeaker 211. Suitable actuation may be guided by synthesized speech.

[0118] A consumption condition may be shown in response to a demand of a user. Moreover, suitable spacing is set and it may be shown periodically. Moreover, it may be shown when a suitable event, for example, events, such as printing initiation, arises. Moreover, when an ink residue becomes a predetermined threshold (for example, threshold equivalent to an ink end), it may be shown automatically.

[0119] Next, with reference to drawing 10 and drawing 11, the oscillating section isolation means of the liquid level detection equipment in this operation gestalt is explained.

[0120] When it equips a cartridge holder with an ink cartridge 7 while an ink cartridge 7 is equipped with an oscillating section isolation means and it isolates the oscillating section of an actuator (piezoelectric device) 106 from the ink in ink hold space before the beginning of using of an ink cartridge 7, it cancels isolation from the ink in ink hold space, and contacts the oscillating section of an actuator 106 in ink.

[0121] As shown in drawing 10, the oscillating section isolation means 60 has the mobile 61 which engages with the ink supply needle 40 inserted in the ink feed hopper 21, and moves with the ink

supply needle 40, and the tape member 62 which covers the oscillating section of an actuator 106 and isolates the oscillating section from the ink in ink hold space. As the part by the side of the end of the tape member 62 covered the oscillating section, it has pasted it up on the inside of the ink container 20 of an ink cartridge 7, and the other end of the tape member 62 has fixed to the mobile 61. Moreover, the tape member 62 is guided by the tape guide 63.

[0122] As shown in drawing 11, it has the annular member 64 and three Sai chief engagement members 65 which protruded on the inferior surface of tongue of this annular member 64, and the point 66 of three Sai chief engagement members 65 curves inside, and the mobile 61 is constituted so that the tip of the ink supply needle 40 may be caught. Three through tubes 67 are formed in the annular member 64, and as shown in drawing 10, three bearing bars 68 set up by the base of the ink container 20 are inserted in each through tube 67, and it is constituted so that vertical actuation of a mobile 61 may be guided by the bearing bar 68.

[0123] And in case a cartridge holder is equipped with an ink cartridge 7, the tape member 62 is pulled by the mobile 61 which engages with the ink supply needle 40 and moves up, and the cover of the oscillating section of the piezoelectric device 106 by the tape member 62 is canceled. In that case, it is constituted so that the stopper section 69 formed in the end of the tape member 62 may be caught in a tape guide 63.

[0124] The situation just before drawing 12 equips with an ink cartridge 7 the cartridge holder 50 formed on the carriage 1 of a recording apparatus is shown typically, and drawing 13 shows typically the situation after equipping the cartridge holder 50 with an ink cartridge 7. Although the cartridge holder 50 (only henceforth a "holder") arranged at carriage 1 is generally equipped with two or more ink cartridges 7 at a juxtaposition condition, one of the cartridges [them] 7 is shown in drawing 12.

[0125] The ink hold space in a cartridge 7 is filled up with ink, and it is constituted so that ink can be derived from the ink feed hopper 21 formed in the lower base section of a cartridge 7.

[0126] The electrode terminals (or electrode terminal block) 22 and 23 of the pair as an access terminal to a piezoelectric device 106 are arranged at the cartridge 7. the path of insertion of a cartridge 7 and abbreviation of as opposed to [the electrode terminals 22 and 23 for these accesses are the outside surfaces of a cartridge 7, and] a holder 50 — it is arranged on the parallel field and arranged in the condition of having been detached a little in the vertical direction, among a different location along said path of insertion, i.e., drawing 12.

[0127] And the 1st electrode terminal 22 connected to the piezoelectric device 106 is formed in a location which contacts the contact terminal (or contact terminal group) 51 arranged at the wall of a holder 50 in the 1st location (location shown in drawing 12) before the cover of the oscillating section of the piezoelectric device 106 by the tape member 62 is canceled, when a cartridge 7 is inserted in a holder 50.

[0128] Moreover, the 2nd electrode terminal 22 connected to the piezoelectric device 106 When the 2nd location in the condition that the cover of the oscillating section by the tape member 62 was canceled, and the holder 50 was equipped with the ink cartridge 7 is arrived at, That is, as shown in drawing 13, the ink supply needle 40 is fully inserted in the ink feed hopper 21, and when it changes into the condition that ink is supplied to a recording device side, it is prepared in a location which contacts the contact terminal 51 arranged at the holder 50 side.

[0129] It will be in the condition that the piezoelectric device 106 and the body 200 of a control unit were electrically connected in the 1st and 2nd locations by such configuration. The liquid level judging means 201 of the body 200 of a control unit It is based on the residual vibration signal which originates in the residual vibration of the oscillating section after supplying the driving signal to the piezoelectric device 106 in the 1st location and vibrating the oscillating section, and is outputted from a piezoelectric device 106. The resonance frequency of the residual vibration signal in the condition that ink does not touch the oscillating section is measured, and it memorizes as initial resonance frequency.

[0130] Furthermore, the liquid level judging means 201 is judged to be that to which the oil level of the ink in the ink container 20 of an ink cartridge 7 fell across the installation location of the oscillating section when the residual vibration signal which originates in the residual vibration of the oscillating section after supplying the driving signal to the piezoelectric device 106 in the 2nd location and vibrating the oscillating section, and is outputted from a piezoelectric device 106 carries out

abbreviation coincidence at initial resonance frequency.

[0131] Moreover, where a cartridge 7 is inserted in the 1st location, the lock device 52 which can prevent insertion beyond it temporarily is formed in the holder 50. The piezoelectric device 106 by which the cartridge 7 was connected to the body 200 of a control unit through the 1st electrode terminal 22 according to this lock device 52 after having been locked by the 1st location is driven, and initial resonance frequency is measured. And if measurement of initial resonance frequency is completed, a cartridge 7 can be moved to the 2nd location which can supply ink as the lock device 52 is evacuated by the command signal from the body 200 of a control unit, consequently it is shown in drawing 13.

[0132] If an ink cartridge 7 is inserted in a holder 50 as it has the function to judge normal/abnormalities of the piezoelectric device 106 of an ink cartridge 7 and was shown in drawing 14 (step 1), the liquid level judging means 201 operates a piezoelectric device 106 in the 1st location first, measures initial resonance frequency (step 2), then will operate a piezoelectric device 106 in the 2nd location, and will measure resonance frequency (step 3). And when it judges whether the initial resonance frequency in the 1st location was compared with the resonance frequency in the 2nd location, and the frequency changed (step 4) and a significant change is not seen among both, it judges that abnormalities are in liquid level detection equipment, and warning is displayed on a display 210 or a loudspeaker 211 (step 5). On the other hand, when a significant change is seen among both frequencies, liquid level detection equipment is judged to be what is functioning normally (step 6).

[0133] Since initial resonance frequency is surveyed and memorized in the condition that ink does not touch the oscillating section of a piezoelectric device 106, the resonance frequency and initial resonance frequency which changed with consumption of ink are compared and the amount of ink was judged as stated above, it is possible to supervise the amount of ink in the ink container 20 of an ink cartridge 7 under high dependability. For example, it can be used as highly reliable ink and a highly reliable sensor by arranging a piezoelectric device 106 near the base of the ink container 20.

[0134]

[Effect of the Invention] Since the initial resonance frequency in the condition that ink does not touch the oscillating section of a piezoelectric device can be measured in advance according to this invention as stated above, the amount of ink in an ink cartridge can be supervised under high dependability by comparing with initial resonance frequency the resonance frequency which changes with consumption of ink.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the perspective view having shown the outline configuration of the ink jet type recording device by 1 operation gestalt of this invention.
- [Drawing 2] It is drawing showing the detail of the piezoelectric device (actuator) in 1 operation gestalt of this invention.
- [Drawing 3] It is drawing showing the circumference of the piezoelectric device shown in drawing 2 , and its equal circuit.
- [Drawing 4] It is drawing showing the relation of the resonance frequency of ink and the consistency of ink which are detected by the piezoelectric device shown in drawing 2 .
- [Drawing 5] It is drawing showing the back EMF wave of the piezoelectric device shown in drawing 2 .
- [Drawing 6] It is the perspective view showing the module object incorporating the piezoelectric device shown in drawing 2 .
- [Drawing 7] It is the exploded view showing the configuration of the module object shown in drawing 6 .
- [Drawing 8] It is drawing showing the example of the cross section which equipped the ink container with the module object shown in drawing 6 .
- [Drawing 9] It is drawing having shown the system configuration for the principal part of the ink jet type recording device by 1 operation gestalt of this invention.
- [Drawing 10] It is the sectional view having expanded and shown the oscillating section isolation means of the liquid level detection equipment in 1 operation gestalt of this invention, and its circumference.
- [Drawing 11] It is the perspective view having shown the mobile of the oscillating section isolation means shown in drawing 10 .
- [Drawing 12] It is drawing having shown typically the condition just before equipping the cartridge holder of the ink jet type recording apparatus by 1 operation gestalt of this invention with an ink cartridge.
- [Drawing 13] It is drawing having shown typically the condition of having equipped the cartridge holder of the ink jet type recording apparatus by 1 operation gestalt of this invention with the ink cartridge.
- [Drawing 14] It is the flow chart which showed abnormality judging processing of the liquid level judging means in 1 operation gestalt of this invention.
- [Description of Notations]
- 7 Ink Cartridge
 - 20 Ink Container
 - 21 Ink Feed Hopper
 - 22 23 Electrode terminal
 - 40 Ink Supply Needle
 - 51 Contact Terminal
 - 60 Oscillating Section Isolation Means
 - 61 Mobile
 - 62 Tape Member
 - 63 Tape Guide

106 Piezoelectric Device (Actuator)
200 Body of Control Unit
201 Liquid Level Judging Means
202 Liquid Level Judging Section
203 Record Medium
205 Abnormality Judging Section

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-283586

(P2002-283586A)

(43) 公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
B 4 1 J 2/175		G 0 1 F 23/22	H 2 C 0 5 6
G 0 1 F 23/22		B 4 1 J 3/04	1 0 2 Z 2 F 0 1 4

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-93392(P2001-93392)

(22) 出願日 平成13年3月28日 (2001.3.28)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 田 村 登

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100075812

弁理士 吉武 賢次 (外5名)

Fターム(参考) 2C056 EA29 EB20 EB51 FA10 KC04

KC09 KD06

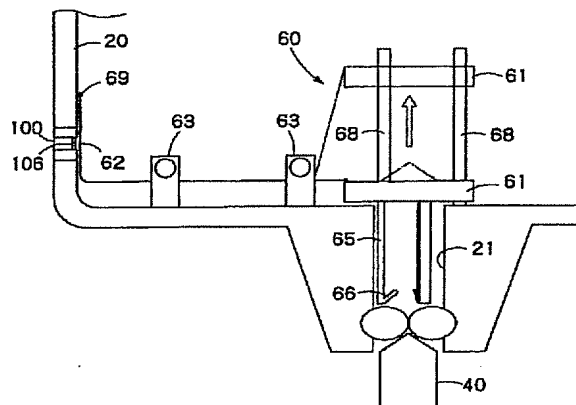
2F014 AB02 AB03 CB01

(54) 【発明の名称】 インクカートリッジ及びインクジェット式記録装置

(57) 【要約】

【課題】 インクカートリッジ内のインク量を高い信頼性の下で監視する。

【解決手段】 インクカートリッジのインク容器20に圧電装置106と振動部隔離手段60とを有する液位検出装置を装着する。圧電装置106は、インク容器20のインク収容空間に少なくとも一部を露出させた振動部を有し、駆動信号を受けて振動部を振動させると共に振動部の振動状態に応じて発生する逆起電力信号を出力する機能を有する。振動部隔離手段60は、インクカートリッジを記録装置の本体に装着する前においては圧電装置106の振動部をインク収容空間内のインクから隔離し、インクカートリッジを記録装置の本体に装着した際に圧電装置106の振動部をインク収容空間内のインクに接触させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インクによって記録を行う記録装置のインクカートリッジにおいて、
インクを収容するインク容器と、
前記インク容器に装着された液位検出装置と、を備え、
前記液位検出装置は、
前記インク容器のインク収容空間に少なくとも一部を露出させた振動部を有し、駆動信号を受けて前記振動部を振動させる機能と共に、前記振動部の振動状態に応じて発生する逆起電力の信号を出力する機能を有する圧電装置と、
前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する前においては前記圧電装置の前記振動部を前記インク収容空間内のインクから隔離すると共に、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着した際に前記圧電装置の前記振動部を前記インク収容空間内のインクに接触させる振動部隔離手段と、を有することを特徴とするインクカートリッジ。

【請求項 2】 前記インク容器には、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する際に前記記録装置の本体のインク供給針が挿入されるインク供給口が形成されており、
前記振動部隔離手段は、前記インク供給口に挿入された前記インク供給針に係合して前記インク供給針と共に移動する移動体と、前記圧電装置の前記振動部を覆って前記インク収容空間内のインクから前記振動部を隔離するテープ部材と、を有し、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する際に前記インク供給針に係合して移動する前記移動体によって前記テープ部材が弓|っ張られて前記テープ部材による前記振動部の覆いが解除されることを特徴とする請求項 1 記載のインクカートリッジ。

【請求項 3】 前記インクカートリッジは、前記記録装置の本体に装着されるに際して、前記振動部隔離手段による前記振動部の覆いが解除される前の第 1 位置を経て、前記振動部隔離手段による前記振動部の覆いが解除されて前記インクカートリッジが前記記録装置の本体に装着された状態の第 2 位置に移動するものであり、
前記第 1 及び第 2 位置において前記圧電装置と前記記録装置の本体とが電気的に接続された状態にあり、前記第 1 及び第 2 位置において、前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後に前記圧電装置から出力される残留振動信号が前記記録装置の本体に伝達されるようになされたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のインクカートリッジ。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のインクカートリッジと、
前記インクカートリッジが装着される記録装置本体と、
前記圧電装置からの出力信号に基づいて前記インクカートリッジ内のインクの液位を判定する液位判定手段と、

を備えたことを特徴とするインクジェット式記録装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載のインクカートリッジと、
前記インクカートリッジが装着される記録装置本体と、
前記圧電装置からの出力信号に基づいて前記インクカートリッジ内のインクの液位を判定する液位判定手段と、
を備え、
前記液位判定手段は、前記第 1 位置において前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後の前記振動部の残留振動に起因して前記圧電装置から出力される残留振動信号に基づいて、前記振動部にインクが接触していない状態における残留振動信号の共振周波数を測定して初期共振周波数として記憶すると共に、前記第 2 位置において前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後の前記振動部の残留振動に起因して前記圧電装置から出力される残留振動信号の共振周波数が前記初期共振周波数に略一致したときに、前記インク容器内のインクの液面が前記振動部の設置位置を越えて低下したものと判断することを特徴とするインクジェット式記録装置。

【請求項 6】 前記液位判定手段は、前記インクカートリッジを前記記録装置本体に装着する際に前記第 1 位置において測定された前記初期共振周波数と、同じく前記インクカートリッジを前記記録装置本体に装着する際に前記第 2 位置において測定された前記共振周波数とを比較して、両者の間に有意な変化がみられない場合には前記液位検出装置に異常があると判断することを特徴とする請求項 5 記載のインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インクカートリッジ及びインクジェット式記録装置に係わり、特に、圧電装置を用いて液量を監視する機能を有するインクカートリッジ及びインクジェット式記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 インクジェット式記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として射出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドがキャリッジに搭載されている。

【0003】 インクジェット式記録装置では、インクタンク（インク容器）内のインクが流路を介して記録ヘッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インクタンクは、例えばインクが消費された時点でユーザが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【0004】 従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の射出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付ける

ことにより実際にインクが所定量消費された時点进行管理する方法などがある。

【0005】しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法には、次のような問題がある。ヘッドの中には吐出インク滴に重量バラツキを有するものがある。このインク滴の重量バラツキは画質には影響を与えないが、バラツキによるインク消費量の誤差が累積した場合を考慮して、マージンを持たせた量のインクをインクカートリッジに充填してある。従って、個体によってはマ

ージン分だけインクが余るという問題が生ずる。
【0006】一方、電極によりインクが消費された時点进行管理する方法は、インクの実量を検出できる。このため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼るので、検出可能なインクの種類が限定されたり、電極のシール構造が複雑化し得る。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるので、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、2本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

【0007】上記の課題を解決すべく、特願2000-147052号には、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要とした、液体容器に装着される圧電装置が記載されている。また、特願2000-147123号には、インクの液面を正確に検出するための手段として、インク滴の射出数に基づいてインクの推定消費状態を求めると共に圧電装置を用いてインクの実消費状態を検出する手段が記載されている。

【0008】
【発明が解決しようとする課題】上述した特許出願に係る技術によれば、圧電装置の振動部に対向する空間にインクが存在する場合とインクが存在しない場合とで、圧電装置の振動部の残留振動に起因して発生する残留振動信号の共振周波数が変化することを利用して、インクカートリッジ内のインク残量を監視することができる。

【0009】ところが、従来の技術においては、圧電装置の振動部に対向する空間にインクが存在しない場合の共振周波数が事前にはわからないためにインクがなくなった時点を確認に検出することが困難であった。

【0010】本発明は、上述した事情を考慮して成されたものであって、インクカートリッジ内のインク量を高い信頼性の下で監視できるインクカートリッジ及びこれを備えたインクジェット式記録装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、インクによって記録を行う記録装置のインクカートリッジにおいて、インクを収容するインク容器と、前記インク容器に装着された液位検出装置と、を

備え、前記液位検出装置は、前記インク容器のインク収容空間に少なくとも一部を露出させた振動部を有し、駆動信号を受けて前記振動部を振動させる機能と共に、前記振動部の振動状態に応じて発生する逆起電力の信号を出力する機能を有する圧電装置と、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する前においては前記圧電装置の前記振動部を前記インク収容空間内のインクから隔離すると共に、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着した際に前記圧電装置の前記振動部を前記インク収容空間内のインクに接触させる振動部隔離手段と、を有することを特徴とする。

【0012】また、好ましくは、前記インク容器には、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する際に前記記録装置の本体のインク供給針が挿入されるインク供給口が形成されており、前記振動部隔離手段は、前記インク供給口に挿入された前記インク供給針に係合して前記インク供給針と共に移動する移動体と、前記圧電装置の前記振動部を覆って前記インク収容空間内のインクから前記振動部を隔離するテープ部材と、を有し、前記インクカートリッジを前記記録装置の本体に装着する際に前記インク供給針に係合して移動する前記移動体によって前記テープ部材が引っ張られて前記テープ部材による前記振動部の覆いが解除される。

【0013】また、好ましくは、前記インクカートリッジは、前記記録装置の本体に装着されるに際して、前記振動部隔離手段による前記振動部の覆いが解除される前の第1位置を経て、前記振動部隔離手段による前記振動部の覆いが解除されて前記インクカートリッジが前記記録装置の本体に装着された状態の第2位置に移動するものであり、前記第1及び第2位置において前記圧電装置と前記記録装置の本体とが電氣的に接続された状態にあり、前記第1及び第2位置において、前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後に前記圧電装置から出力される残留振動信号が前記記録装置の本体に伝達されるようになされる。

【0014】上記課題を解決するために、本発明によるインクジェット式記録装置は、上記いずれかのインクカートリッジと、前記インクカートリッジが装着される記録装置本体と、前記圧電装置からの出力信号に基づいて前記インクカートリッジ内のインクの液位を判定する液位判定手段と、を備えたことを特徴とする。

【0015】上記課題を解決するために、本発明によるインクジェット式記録装置は、上述した第1及び第2位置にて圧電装置を駆動できるインクカートリッジと、前記インクカートリッジが装着される記録装置本体と、前記圧電装置からの出力信号に基づいて前記インクカートリッジ内のインクの液位を判定する液位判定手段と、を備え、前記液位判定手段は、前記第1位置において前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後の前記振動部の残留振動に起因して前記圧電装置から

出力される残留振動信号に基づいて、前記振動部にインクが接触していない状態における残留振動信号の共振周波数を測定して初期共振周波数として記憶すると共に、前記第2位置において前記圧電装置に駆動信号を供給して前記振動部を振動させた後の前記振動部の残留振動に起因して前記圧電装置から出力される残留振動信号の共振周波数が前記初期共振周波数に略一致したときに、前記インク容器内のインクの液面が前記振動部の設置位置を越えて低下したものと判断することを特徴とする。

【0016】また、好ましくは、前記液位判定手段は、前記インクカートリッジを前記記録装置本体に装着する際に前記第1位置において測定された前記初期共振周波数と、同じく前記インクカートリッジを前記記録装置本体に装着する際に前記第2位置において測定された前記共振周波数とを比較して、両者の間に有意な変化がみられない場合には前記液位検出装置に異常があると判断する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態によるインクカートリッジ及びインクジェット式記録装置について図面を参照して説明する。図1中符号1はキャリッジであり、このキャリッジ1はキャリッジモータ2により駆動されるタイミングベルト3を介し、ガイド部材4に案内されてプラテン5の軸方向に往復移動されるように構成されている。

【0018】キャリッジ1の記録用紙6に対向する側にはインクジェット式記録ヘッドが搭載され、またその上部には記録ヘッドにインクを供給するインクカートリッジ7が着脱可能に装着されている。

【0019】この記録装置の非印字領域であるホームポジション(図中、右側)にはキャップ部材31が配置されており、このキャップ部材31はキャリッジ1に搭載された記録ヘッドがホームポジションに移動した時に、記録ヘッドのノズル形成面に押し当てられてノズル形成面との間に密閉空間を形成するように構成されている。そして、キャップ部材31の下方には、キャップ部材31により形成された密閉空間に負圧を与えてクリーニング等を実施するためのポンプユニット10が配置されている。

【0020】そして、キャップ部材31における印字領域側の近傍には、ゴムなどの弾性板を備えたワイピング手段11が記録ヘッドの移動軌跡に対して例えば水平方向に進退できるように配置されていて、キャリッジ1がキャップ部材31側に往復移動するに際して、必要に応じて記録ヘッドのノズル形成面を払拭することができるように構成されている。

【0021】図2及び図3は、本実施形態において用いられる圧電装置としてのアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。このアクチュエータ106は、残留振動による共振周波数を検出することで音響インピー

ダンスの変化を検知して、インク容器内の液体の消費状態を検出するものである。

【0022】図2(A)は、アクチュエータ106の拡大平面図である。図2(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図2(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。さらに図3(A)および図3(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図3(C)および図3(D)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図3(E)および図3(F)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0023】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面(以下、「表面」という。)に配置される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電気的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電気的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され両者を電気的に結合する補助電極172と、を有する。

【0024】圧電層160、上部電極164および下部電極166は、それぞれの主要部としての円形部分を有する。そして、圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

【0025】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。キャビティ162は、開口161と面する振動板176の部分と基板(キャビティ形成部材)178の開口161とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板178の面(以下、「裏面」という。)は、インク容器内方に面している。これにより、キャビティ162は液体(インク)と接触するように構成されている。なお、キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられている。

【0026】下部電極166は、振動板176の表面に位置している。下部電極166の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とは、ほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。

【0027】一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置形成されている。この場合、圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よ

りも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

【0028】圧電層160の表面側には、上部電極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置形成されている。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0029】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層160は効果的に変形駆動され得る。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分が、アクチュエータ106における圧電素子を形成する。

【0030】上述のように、この圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうち、面積が最も大きいのは開口161である。このような構造のために、振動板176のうち実際に振動する振動領域（振動部の領域）は、開口161によって決定される。

【0031】また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分の各面積が、開口161の面積より小さいことにより、振動板176がより振動しやすくなっている。

【0032】さらに、圧電層160と電気的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部電極166の円形部分が、圧電層160のうちで圧電効果を生ずる部分を決定する。

【0033】圧電素子を形成する圧電層160、上部電極164、及び下部電極166の円形部分は、その中心が、開口部161の中心とほぼ一致している。また、振動板176の振動部分を決定する円形状の開口部161の中心は、アクチュエータ106の全体のほぼ中心に位置している。したがって、アクチュエータ106の振動部の中心は、アクチュエータの中心とほぼ一致する。

【0034】更に、圧電素子の主要部及び振動板176の振動部分が円形状を有するので、アクチュエータ106の振動部は、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状である。

【0035】このようにアクチュエータ106の振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、構造の非対称性から生じ得る不要な振動を励起することがない。このため、共振周波数の検出精度が向上する。

【0036】また、振動部が等方的な形状であるので、接着の際に固定のばらつきの影響を受けにくく、インク

容器に均等に接着され得る。すなわち、アクチュエータ106のインク容器への実装性がよい。

【0037】更に、振動板176のコンプライアンスが大きいので、振動の減衰が小さくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0038】また、アクチュエータ106の振動の節は、キャビティ162の外周部、すなわち、開口部161の縁付近に位置する。

【0039】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しい。かりに上部電極164だけで段差を形成することが可能であったとしても、上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまい、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて、上部電極164と上部電極端子168とを接続させている。このようにすることで、圧電層160も上部電極164も補助電極172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることができ、また、上部電極164と上部電極端子168との接続を確実にすることが可能となる。

【0040】なお、圧電素子と振動板176のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ106において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ106に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されていることが好ましい。アクチュエータ106を一体的に形成することによって、アクチュエータ106の取り扱いが容易になる。

【0041】さらに、基板178の強度を高めることによって、振動特性が向上し得る。即ち、基板178の強度を高めることによって、アクチュエータ106の振動部のみが振動し、アクチュエータ106のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ106の振動部以外の部分が振動しないためには、基板178の強度を高めることに加えて、アクチュエータ106の圧電素子を薄くかつ小さくすると共に、振動板176を薄くすることも有効である。

【0042】圧電層160の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン（PLZT）、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板178の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板176には、基板178と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極164、下部電極166、上

部電極端子 168 および下部電極端子 170 は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0043】図 2 および図 3 に示されるアクチュエータ 106 は、インクカートリッジ 7 のインク容器の所定の場所に、キャビティ 162 がインク容器内に收容される液体（インク）と接触するように装着される。つまり、アクチュエータ 106 の振動部の少なくとも一部が、インク容器の收容空間に露出している。インク容器に液体が十分に收容されている場合には、キャビティ 162 内

およびその外側は液体によって満たされている。【0044】一方、インク容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ 162 内に液体が存在しない状態となる、あるいは、キャビティ 162 内のみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

【0045】アクチュエータ 106 は、この状態の変化に起因する音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ 106 は、インク容器に液体が十分に收容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるか、を検知することができる。

【0046】次に、アクチュエータによる液面検出の原理について説明する。アクチュエータ 106 は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を用いて検出することができる。共振周波数は、アクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって検出することができる。すなわち、上述した圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する。逆起電力の大きさは、アクチュエータの振動部の振幅によって変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど、検出が容易である。

【0047】また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、アクチュエータの振動部の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体*

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * C_{act})^{1/2})$$

(式 1)

で表される。ここで、M は振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。C_{act} は振動部のコンプライアンスである。

【0053】図 2 (C) は、本実施形態において、キャビティ 162 にインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の断面図である。図 3 (A) および図 3

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$$

(式 2)

と表される。

【0055】ここで、M_{pzt} は、振動部における圧電層 160 の厚さと圧電層 160 の密度との積を圧電層 160 の面積で除したものである。M_{electrode1} は、振動部

* との共振状態における周波数をいう。

【0048】アクチュエータ 106 の振動領域は、振動板 176 のうち開口 161 によって決定されるキャビティ 162 を構成する部分である。インク容器内に液体が十分に收容されている場合には、キャビティ 162 内には、液体が満たされ、振動領域はインク容器内の液体と接触している。一方で、インク容器内に液体が充分にない場合には、振動領域はインク容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0049】ここで、図 2 および図 3 を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体とアクチュエータ 106 の振動部との共振周波数から、インク容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

【0050】アクチュエータ 106 において、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して、それぞれ上部電極 164 および下部電極 166 に電圧を印加する。このため、圧電層 160 のうち、上部電極 164 および下部電極 166 に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層 160 は変形する。圧電層 160 が変形することによって、振動板 176 のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層 160 が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ 106 の振動部に残留する。

【0051】残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層 160 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部の振動であり、圧電層 160 の変形を伴う。このため、圧電層 160 は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できる。この共振周波数に基づいて、インク容器内の液体の有無を検出することができる。

【0052】一般に、共振周波数 f_s は、

※ (B) は、キャビティ 162 にインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路である。

【0054】M_{act} は、振動部の厚さと振動部の密度との積を振動部の面積で除したものであり、詳細には、図 3 (A) に示すように、

における上部電極 164 の厚さと上部電極 164 の密度との積を上部電極 164 の面積で除したものである。M_{electrode2} は、振動部における下部電極 166 の厚さと下部電極 166 の密度との積を下部電極 166 の面積で

除したものである。Mvibは、振動部における振動板176の厚さと振動板176の密度との積を振動板176の振動領域の面積で除したものである。

【0056】ただし、Mactを振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

【0057】また、本実施形態において、圧電層160、上部電極164および下部電極166においては、それらの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ106において、Mactは、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板*

$$1/Cact = (1/Cpzt) + (1/Celectrode1) + (1/Celectrode2) + (1/Cvib) \quad (式3)$$

式2および式3より、図3(A)は、図3(B)のように表すこともできる。

【0059】コンプライアンスCactは、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンスCactは、変形のし易さを表す。

【0060】図3(C)は、インク容器に液体が十分に ※

$$M'_{max} = (\pi * \rho / (2 * k^2)) * (2 * (2 * k * a)^3 / (3 * \pi)) / (\pi * a^2)^2 \quad (式4)$$

(aは振動部の半径、ρは媒体の密度、kは波数である。)で表される。

【0061】尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径aの円形である場合に成立する。付加イナータンスM'は、振動部の付近にある媒体によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、M' maxは、振動部の半径aと媒体の密度ρとによって、大きく変化する。

【0062】波数kは、

$$k = 2 * \pi * f_{act} / c \quad (式5)$$

(factは、振動部の共振周波数である。cは、媒体中を伝播する音響の速度である。)で表される。

【0063】図3(D)は、インク容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図3(C)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示す。

【0064】図3(E)は、インク容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。

【0065】式4は、インク容器に液体が満たされている場合に、インクの密度ρなどから決定される最大のイナータンスM' maxを表す式である。一方、インク容器

*176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンスCactは、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0058】尚、図3(A)、図3(B)、図3(D)、図3(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、Cactはアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。Cpzt、Celectrode1、Celectrode2およびCvibは、それぞれ、振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。Cactは、以下の式3で表される。

※収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図3(C)のM' maxは、インク容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス(付加質量(振動領域の振動に影響を及ぼす質量)を面積の2乗で除したもの)の最大値を表す。M' maxは、

内の液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合等の付加イナータンスM'は、一般的に、

$$M' = \rho * t / S \quad (式6)$$

と表せる(より詳しくは、後述の式8参照)。ここで、tは振動にかかわる媒体の厚さである。Sは、アクチュエータ106の振動領域の面積である。振動領域が半径aの円形の場合は、 $S = \pi * a^2$ である。

【0066】従って、付加イナータンスM'は、インク容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合には、式6に従う。

【0067】ここで、図3(E)のように、インク容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンスM'を、便宜的にM' cavとし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンスM' maxと区別する。

【0068】図3(F)は、インク容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無

いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している図3(E)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0069】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 ρ および媒体の厚さ t である。インク容器内に液体が十分に収容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触する。一方、インク容器内に液体が十分に収容されていない場合は、キャビティ内部に液体が残存するか、もしくは、

アクチュエータ106の振動部に気体または真空が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図3(C)の M'_{max} から図3(E)の M'_{cav} へ移行する過程における付加イナータンス M'_{var} は、インク容器内の液体の収容状態によって媒体の密度 ρ や媒体の厚さ t が変化することによって変化する。これにより、共振周波数 f_s も変化する。従って、共振周波数 f_s を特定することによって、インク容器内の液体の量を検出することができる。

【0070】ここで、図3(E)に示すように $t=d$ とした場合、式6を用いて M'_{cav} を表すと、式6の t にキャビティの深さ d を代入し、

$$M'_{cav} = \rho * d / S \quad (式7)$$

となる。

【0071】また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度 ρ が異なるため、付加イナータンス M' 及び共振周波数 f_s が異なる。従って、共振周波数 f_s を特定することで、液体の種類を検出できる。

【0072】図4(A)は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数 f_s を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数 f_s は、上昇する。

【0073】インク容器にインクが十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス M'_{max} は、式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャビティ162内にインクが残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス M'_{var} は、媒体の厚さ t に基づいて式6によって算出される。式6中の t は、振動にかかわる媒体の厚さであるから、インクが残留するアクチュエータ106のキャビティ162の d (図2(B)参照)を小さく、即ち、基板178を十分に*

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} * t_{air} / S + \rho_{ink} * t_{ink} / S \quad (式8)$$

となる。ここで、 M'_{air} は空気のイナータンスであり、 M'_{ink} はインクのイナータンスである。 ρ_{air} は空気の密度であり、 ρ_{ink} はインクの密度である。 t_{air} は

*薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図3(C)参照)。ここで、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は M'_{max} における t_{ink} とする。

【0074】例えば、アクチュエータ106は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106から $t_{ink-max}$ の高さ以下になると、式6により M'_{var} が徐々に変化し、式1により共振周波数 f_s が徐々に変化する。従って、インクの液面が t の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0075】あるいは、インクカートリッジの側壁に、アクチュエータ106はインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス M' が減少する。これにより、式1により共振周波数 f_s が徐々に増加する。従って、インクの液面がキャビティ162の直径2a(図3(C)参照)の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0076】図4(A)の曲線Xは、底面に配置されたアクチュエータ106のキャビティ162を十分に浅くした場合や、側壁に配置されたアクチュエータ106の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合の、インクタンク内に収容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が徐々に変化していく様子が理解できる。

【0077】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ106の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ106の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

【0078】例えば、アクチュエータ106をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 t_{ink} が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ106の振動領域の面積 S を用いて、式4の M'_{max} 以下になった状態をインクと気体の付加質量で表すと、

【0079】アクチュエータ106の振動領域周辺にお

ける振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 t_{air} が増加し、 t_{ink} が減少する。それによって、 M'_{var} が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式7において液体の密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

*10

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air}/(\rho_{air} \cdot t_{air}) + S_{ink}/(\rho_{ink} \cdot t_{ink})$$

(式9)

となる。

【0081】尚、式9は、アクチュエータ106のキャビティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ106のキャビティにインクが保持される場合の付加イナータンスについては、式9による M' と式7の M'_{cav} との和によって計算することができる。

【0082】アクチュエータ106の振動は、 $t_{ink-max}$ の深さからインクの残留する深さ d まで変化するので、インクの残留する深さが $t_{ink-max}$ よりわずかに小さい程度でアクチュエータ106が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、 $t_{ink-max}$ から残留する深さ d までのわずかなインク量変化におけるアクチュエータの振動変化から、インク量が増加したことを検出する。また、側面に配置され、開口部（キャビティ）の径が小さい場合は、開口部を通過する間のアクチュエータの振動変化は微量なので、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面が開口部より上か下かを検出する。

【0083】例えば、図4(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量の差 Q の間で、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを2値的に検出することができる。

【0084】アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、振動板176が液体と直接接触することでインクの有無を検出するので、インクの消費量をソフトウェアによって計算する方法に比べ、検出精度が高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、インク容器への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、インク容器へのアクチュエータ106の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

*【0080】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域との並列の等価回路（図示せず）と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を S_{ink} とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を S_{air} とすると、

【0085】更に、単一のアクチュエータ106を用いて発振と液体の有無の検出との双方を実施することができるので、発振と液体の有無の検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、インク容器に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液量検出機能を持つインク容器を安価に製造できる。なお、圧電層160の共振周波数を非可聴領域に設定することで、アクチュエータ106の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

【0086】図4(B)は、インクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係の一例を示す。ここでは、液体の例としてインクについて説明しており、「インク満」と「インク空」（或いは「インク無し」）とは相対的な2状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態とを意味するものではない。図4(B)に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 f_s が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 f_s が異なる。したがって、共振周波数 f_s を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なるインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

【0087】続いて、インク容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存するようにキャビティのサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。アクチュエータ106は、キャビティ162内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ162内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0088】共振周波数 f_s は、イナータンス M の関数である。イナータンス M は、振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。ここで、付加イナータンス M' が液体の状態と関係する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振

動に関わるイナータンスが増加することによる振動部の質量の増加分をいう。

【0089】従って、 M'_{cav} が式4における M'_{max} よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ162内に残存する液体である。よって、インク容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体は M'_{max} よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

【0090】一方、 M'_{cav} が式4における M'_{max} よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ162内に残存する液体およびインク容器内の気体または真空である。このときにはインク容器内に液体が満たされている状態とは異なり M' が変化するので、共振周波数 f_s が変化する。従って、アクチュエータ106は、インク容器内の液体の状態を検出できる。

【0091】即ち、インク容器内の液体が空の状態、アクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存する場合に、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、 M'_{cav} が M'_{max} よりも小さいことである。尚、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ162の形状にかかわらない。

【0092】ここで、 M'_{cav} は、キャビティ162の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ162の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ162の開口161の半径を a とし、およびキャビティ162の深さを d とすると、

$$M'_{max} > \rho * d / \pi a^2 \quad (式10)$$

である。式10を展開すると

$$a/d > 3 * \pi / 8 \quad (式11)$$

という条件が求められる。従って、式11を満たす開口161の半径 a およびキャビティ162の深さ d であるキャビティ162を有するアクチュエータ106であれば、インク容器内の液体が空の状態であって、かつ、キャビティ162内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【0093】尚、式10、式11は、キャビティ162の形状が円形の場合に限り成立する。キャビティ162の形状が円形でない場合、対応する M'_{max} の式を用い、式10中の πa^2 をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0094】なお、付加イナータンス M' は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出していると

もいえる。

【0095】図5(A)および図5(B)は、アクチュエータ106に駆動信号を供給して振動部を振動させた後の、アクチュエータ106の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ内のアクチュエータ106の装着位置レベルにおけるインク液位の上下は、アクチュエータ106が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図5(A)および図5(B)において、縦軸はアクチュエータ106の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ106の残留振動によって、図5(A)および図5(B)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換(二値化)する。図5(A)および図5(B)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測している。

【0096】より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、4カウントから8カウントまでの間をHighとしたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

【0097】図5(A)は、アクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図5(B)はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図5(A)と図5(B)とを比較すると、図5(A)の方が図5(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの所要時間が異なる。この所要時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

【0098】アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定している。この時間に基づいて、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図5においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0099】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出

することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0100】図6は、アクチュエータ106を取付モジュール体100として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体100は、インクカートリッジのインク容器1の所定個所に装着される。モジュール体100は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器1内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

【0101】本実施形態のモジュール体100は、インク容器1にアクチュエータ106を取り付けるためのインク容器取付部101を有する。インク容器取付部101は、平面がほぼ矩形の基台102と、駆動信号により発振するアクチュエータ106を収容する基台102上の円柱部116と、を有している。また、モジュール体100は、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体100のアクチュエータ106が外部から接触できないように構成されている。これにより、アクチュエータ106を外部的接触から保護することができ

る。なお、円柱部116の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0102】図7は、図6に示したモジュール体100の分解図である。モジュール体100は、樹脂からなるインク容器取付部101と、プレート110および凹部113を有する圧電装置装着部105（図6参照）とを含む。さらに、モジュール体100は、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106及びフィルム108を有する。好ましくは、プレート110は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

【0103】インク容器取付部101に含まれる円柱部116および基台102は、リードワイヤ104a及び104bを収容できるように中心部に開口部114が形成されると共に、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110を収容できるように開口部114の周囲に凹部113が形成されている。

【0104】アクチュエータ106は、プレート110にフィルム108を介して接合され、プレート110およびアクチュエータ106は凹部113（インク容器取付部101）に固定される。従って、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、インク容器取付部101に一体として取り付けられる。

【0105】リードワイヤ104a及び104bは、それぞれアクチュエータ106の上部電極及び下部電極と結合して、圧電層に駆動信号を伝達する一方、アクチュエータ106が検出した共振周波数の信号を記録装置等

へ伝達する。

【0106】アクチュエータ106は、リードワイヤ104a及び104bから伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、アクチュエータ106は、発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、インク容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

【0107】フィルム108は、アクチュエータ106とプレート110とを接着して、アクチュエータを液密にする。フィルム108は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。アクチュエータ106とプレート110とをフィルム108によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるばらつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、アクチュエータ106をプレート110に接着しても、アクチュエータ106の振動特性は変化しない。

【0108】なお、プレート110は円形状であり、基台102の開口部114は円筒状に形成されている。アクチュエータ106及びフィルム108は矩形状に形成されている。リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、基台102に対して着脱可能としてもよい。基台102、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、モジュール体100の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台102、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110の中心は、モジュール体100のほぼ中心軸上に配置されている。

【0109】また、基台102の開口部114の面積は、アクチュエータ106の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート110の中心でアクチュエータ106の振動部に直面する位置には、貫通孔112が形成されている。図2および図3に示したように、アクチュエータ106にはキャビティ162が形成されており、貫通孔112とキャビティ162とが、共にインク溜部を形成する。プレート110の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔112の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔112の深さはその径の3分の1以下の大きさであることが好ましい。貫通孔112は、モジュール体100の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また、貫通孔112の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口面積よりも大きい。貫通孔112の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。

【0110】モジュール体100は、貫通孔112がインク容器1の内側へ向くように、インク容器1の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、アクチ

10

20

30

40

50

ュータ 106 周辺のインクがなくなると、アクチュエータ 106 の共振周波数が大きく変化することに基づいて、インクの液位変化を検出することができる。

【0111】図 8 は、図 6 に示したモジュール体 100 を、インクカートリッジ 7 のインク容器 20 に装着したときの、インク容器 20 の底部近傍の断面図である。モジュール体 100 は、インク容器 20 の側壁に形成された貫通孔に装着されている。インク容器 20 の側壁とモジュール体 100 との接合面には、リング 90 が設けられ、モジュール体 100 とインク容器 20 との液密を保っている。このようにリング 90 でシールが出来るために、モジュール体 100 は、図 6 で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

【0112】モジュール体 100 の先端がインク容器 20 の内部に露出することで、プレート 110 の貫通孔 112 を介して、インク容器 20 内のインクがアクチュエータ 106 と接触する。アクチュエータ 106 の振動部の周囲が液体か気体かによって、アクチュエータ 106 の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体 100 を用いてインクの消費状態を検出することができ

る。

【0113】図 9 は、本実施形態によるインクジェット式記録装置の主要部分のシステム構成を示した図である。上述したように、インクカートリッジ 7 にはアクチュエータ（圧電装置）106 が装着され、このアクチュエータ 106 は、インクカートリッジ 7 のインク収容空間に少なくとも一部を露出させ得る振動部を有し、駆動信号を受けて前記振動部を振動させる機能と共に、前記振動部の振動状態に応じた逆起電力の信号を出力する機能を有する。

【0114】制御装置本体 200 は、インクジェット式記録装置を制御するコンピュータで構成される。制御装置本体 200 はインクジェット記録装置に設けられていても良いし、或いは、制御装置本体 200 の一部又は全部の機能が、インクジェット式記録装置に接続された他のコンピュータ等の外部装置に設けられていても良い。さらに、制御装置本体 200 の一部の機能が、プログラムとしてコンパクトディスク等の記録媒体 203 に格納され、ドライブ装置等の入力装置 204 を介して供給されても良い。

【0115】制御装置本体 200 は、液位判定部 202 及び異常判定部 205 を有する液位判定手段 201 を備えている。液位判定手段 201 の液位判定部 202 は、アクチュエータ 106 に駆動信号を供給して振動部を振動させた後の振動部の残留振動に起因してアクチュエータ 106 から出力される残留振動信号の共振周波数に基づいてインクカートリッジ 7 内のインクの液位を判定する。液位判定部 202 は、例えば、残留振動信号中のパルス数を計測すると共に、パルス数のカウント開始時点から、所定数のパルスをカウントする時点までの所要

時間を計測することにより、残留振動信号の共振周波数を測定する。液位判定部 202 によって、例えばインクカートリッジ 7 のインクエンドを判定することができる。

【0116】液位判定手段 201 の液位判定部 202 は、図 2 (C) に示したようにキャピティ 162 には液体が存在しない場合と、図 3 (C) に示したようにキャピティ 162 の部分のみならず、その前方が液体で満たされている場合とで残留振動信号の共振周波数が変化することを利用して、インクの液面が圧電装置 106 の振動部の位置を通過したか否かを判定することができる。

【0117】制御装置本体 200 は、さらに、印刷動作部 206 を制御する印刷動作制御部 207、印刷データ記憶部 208 及び消費情報提示部 209 を含む。消費情報提示部 209 は、液位判定手段 201 が検出した消費状態情報を、ディスプレイ 210 及びスピーカ 211 を用いてユーザに提示する。例えば、ディスプレイ 210 には消費状態を示す図形等が表示され、スピーカ 211 からはインク残量を示す報知音又は合成音声出力される。合成音声により、適切な操作が案内されてもよい。

【0118】消費状態はユーザの要求に応じて提示されてもよい。また、適当な間隔をおいて周期的に提示されても良い。また、適当なイベント、例えば印刷開始等のイベントが生じたときに提示されても良い。また、インク残量が所定の閾値（例えばインクエンドに相当する閾値）になったときに自動的に提示されても良い。

【0119】次に、図 10 及び図 11 を参照して、本実施形態における液位検出装置の振動部隔離手段について説明する。

【0120】振動部隔離手段はインクカートリッジ 7 に装着され、インクカートリッジ 7 の使用開始前においてアクチュエータ（圧電装置）106 の振動部をインク収容空間内のインクから隔離すると共に、インクカートリッジ 7 をカートリッジホルダに装着した際に、アクチュエータ 106 の振動部をインク収容空間内のインクからの隔離を解除してインクに接触させる。

【0121】図 10 に示したように振動部隔離手段 60 は、インク供給口 21 に挿入されたインク供給針 40 に係合してインク供給針 40 と共に移動する移動体 61 と、アクチュエータ 106 の振動部を覆ってインク収容空間内のインクから振動部を隔離するテーブ部材 62 と、を有する。テーブ部材 62 の一端側の部分は振動部を覆うようにしてインクカートリッジ 7 のインク容器 20 の内面に接着されており、テーブ部材 62 の他端は移動体 61 に固着されている。また、テーブ部材 62 はテーブガイド 63 によって案内されている。

【0122】図 11 に示したように、移動体 61 は、環状部材 64 と、この環状部材 64 の下面に突設された 3 本の細長係合部材 65 とを有し、3 本の細長係合部材 65 の先端部 66 が内側に湾曲して、インク供給針 40 の

先端を受け止めるように構成されている。環状部材 64 には 3 つの貫通孔 67 が形成されており、図 10 に示したようにインク容器 20 の底面に立設された 3 本の支持棒 68 が各貫通孔 67 に挿通され、支持棒 68 によって移動体 61 の上下動作を案内するように構成されている。

【0123】そして、インクカートリッジ 7 をカートリッジホルダに装着する際にインク供給針 40 に係合して上方に移動する移動体 61 によってテーブ部材 62 が引っ張られて、テーブ部材 62 による圧電装置 106 の振動部の覆いが解除される。その際、テーブ部材 62 の一端に形成されたストッパー部 69 がテーブガイド 63 に引っかかるように構成されている。

【0124】図 12 は、記録装置のキャリッジ 1 上に形成されたカートリッジホルダ 50 に、インクカートリッジ 7 を装着する直前の様子を模式的に示しており、また図 13 は、インクカートリッジ 7 をカートリッジホルダ 50 に装着した後の様子を模式的に示している。キャリッジ 1 に配置されたカートリッジホルダ 50 (以下、単に「ホルダ」とも言う。) には、一般に、複数のインクカートリッジ 7 が並列状態に装着されるが、図 12 にはそのうちの 1 つのカートリッジ 7 を示している。

【0125】カートリッジ 7 内のインク収容空間にはインクが充填されており、カートリッジ 7 の下底部に形成されたインク供給口 21 からインクを導出できるように構成されている。

【0126】カートリッジ 7 には、圧電装置 106 に対するアクセス端子としての一対の電極端子 (又は電極端子群) 22、23 が配置されている。これらのアクセス用の電極端子 22、23 は、カートリッジ 7 の外表面であって、ホルダ 50 に対するカートリッジ 7 の挿入方向と略平行な面上に配置されており、前記挿入方向に沿った異なる位置、すなわち図 12 中、上下方向に若干離された状態で配置されている。

【0127】そして、圧電装置 106 に接続された第 1 の電極端子 22 は、カートリッジ 7 がホルダ 50 に挿入されるときに、テーブ部材 62 による圧電装置 106 の振動部の覆いが解除される前の第 1 位置 (図 12 に示した位置) において、ホルダ 50 の内壁に配置された接触端子 (又は接触端子群) 51 と接触するような位置に設けられている。

【0128】また、圧電装置 106 に接続された第 2 の電極端子 22 は、テーブ部材 62 による振動部の覆いが解除されてインクカートリッジ 7 がホルダ 50 に装着された状態の第 2 位置に達したとき、すなわち図 13 に示したようにインク供給針 40 がインク供給口 21 に十分に挿入されて、記録装置側にインクが供給される状態となったときに、ホルダ 50 側に配置された接触端子 51 と接触するような位置に設けられている。

【0129】このような構成により、第 1 及び第 2 位置

において圧電装置 106 と制御装置本体 200 とが電気的に接続された状態となり、制御装置本体 200 の液位判定手段 201 は、第 1 位置において圧電装置 106 に駆動信号を供給して振動部を振動させた後の振動部の残留振動に起因して圧電装置 106 から出力される残留振動信号に基づいて、振動部にインクが接触していない状態における残留振動信号の共振周波数を測定して初期共振周波数として記憶する。

【0130】さらに、液位判定手段 201 は、第 2 位置において圧電装置 106 に駆動信号を供給して振動部を振動させた後の振動部の残留振動に起因して圧電装置 106 から出力される残留振動信号が初期共振周波数に略一致したときに、インクカートリッジ 7 のインク容器 20 内のインクの液面が振動部の設置位置を越えて低下したものと判断する。

【0131】また、ホルダ 50 には、カートリッジ 7 が第 1 位置に挿入された状態で、それ以上の挿入を一時的に阻止することができるロック機構 52 が設けられている。このロック機構 52 によってカートリッジ 7 が第 1 位置にロックされた状態で、第 1 の電極端子 22 を介して制御装置本体 200 に接続された圧電装置 106 を駆動して初期共振周波数が測定される。そして、初期共振周波数の測定が終了したら、制御装置本体 200 からの指令信号によってロック機構 52 が退避され、その結果、図 13 に示すようにインクを供給し得る第 2 位置にカートリッジ 7 を移動させることができる。

【0132】液位判定手段 201 はインクカートリッジ 7 の圧電装置 106 の正常/異常を判定する機能を備えており、図 14 に示したように、インクカートリッジ 7 がホルダ 50 に挿入されると (ステップ 1)、まず第 1 位置において圧電装置 106 を作動させて初期共振周波数を測定し (ステップ 2)、続いて、第 2 位置において圧電装置 106 を作動させて共振周波数を測定する (ステップ 3)。そして、第 1 位置における初期共振周波数と第 2 位置における共振周波数とを比較して周波数が変化したか否かを判断し (ステップ 4)、両者の間に有意な変化がみられない場合には、液位検出装置に異常があると判断してディスプレイ 210 やスピーカ 211 に警告が表示される (ステップ 5)。一方、両周波数の間に有意な変化がみられた場合には、液位検出装置が正常に機能しているものと判断される (ステップ 6)。

【0133】以上述べたように、圧電装置 106 の振動部にインクが接触していない状態において初期共振周波数を実測して記憶しておき、インクの消費に伴って変化した共振周波数と初期共振周波数とを比較してインク量を判定するようにしたので、インクカートリッジ 7 のインク容器 20 内のインク量を高い信頼性の下で監視することが可能である。例えば、圧電装置 106 をインク容器 20 の底面近傍に配置することにより、高信頼性のインクエンドセンサーとして使用することができる。

【0134】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、圧電装置の振動部にインクが接触していない状態における初期共振周波数を事前に測定することができるので、インクの消費に伴って変化する共振周波数を初期共振周波数と比較することにより、インクカートリッジ内のインク量を高い信頼性の下で監視することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるインクジェット式記録装置の概略構成を示した斜視図である。

【図2】本発明の一実施形態における圧電装置（アクチュエータ）の詳細を示す図である。

【図3】図2に示した圧電装置の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図4】図2に示した圧電装置によって検出されるインクの共振周波数とインクの密度との関係を示す図である。

【図5】図2に示した圧電装置の逆起電力波形を示す図である。

【図6】図2に示した圧電装置を組み込んだモジュール体を示す斜視図である。

【図7】図6に示したモジュール体の構成を示す分解図である。

【図8】図6に示したモジュール体をインク容器に装着した断面の例を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態によるインクジェット式記録装置の主要部分のシステム構成を示した図である。

【図10】本発明の一実施形態における液位検出装置の振動部隔離手段及びその周辺を拡大して示した断面図で*

*ある。

【図11】図10に示した振動部隔離手段の移動体を示した斜視図である。

【図12】本発明の一実施形態によるインクジェット式記録装置のカートリッジホルダにインクカートリッジを装着する直前の状態を模式的に示した図である。

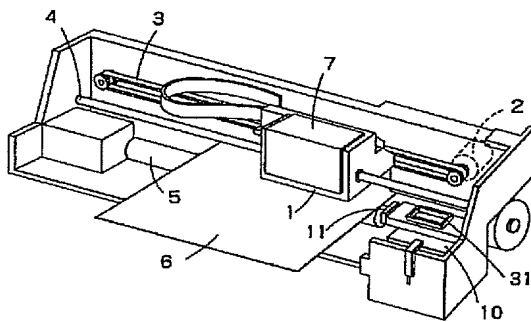
【図13】本発明の一実施形態によるインクジェット式記録装置のカートリッジホルダにインクカートリッジを装着した状態を模式的に示した図である。

【図14】本発明の一実施形態における液位判定手段の異常判定処理を示したフローチャートである。

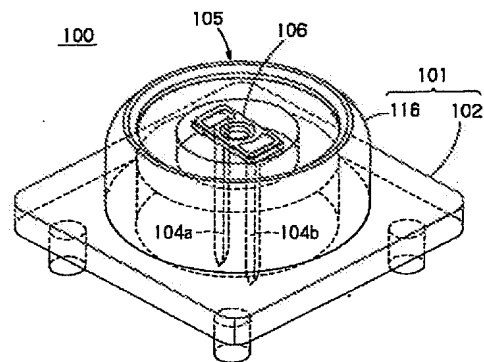
【符号の説明】

- 7 インクカートリッジ
- 20 インク容器
- 21 インク供給口
- 22、23 電極端子
- 40 インク供給針
- 51 接触端子
- 60 振動部隔離手段
- 61 移動体
- 62 テープ部材
- 63 テープガイド
- 106 圧電装置（アクチュエータ）
- 200 制御装置本体
- 201 液位判定手段
- 202 液位判定部
- 203 記録媒体
- 205 異常判定部

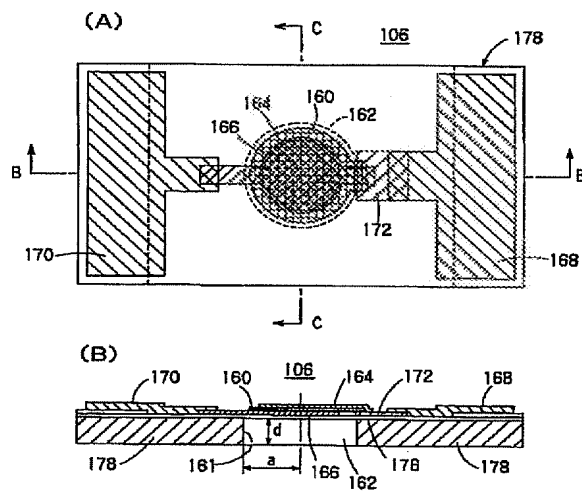
【図1】



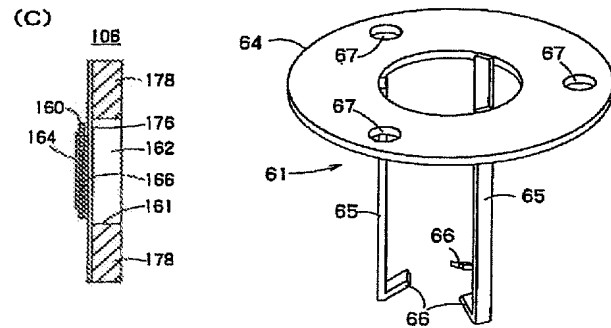
【図6】



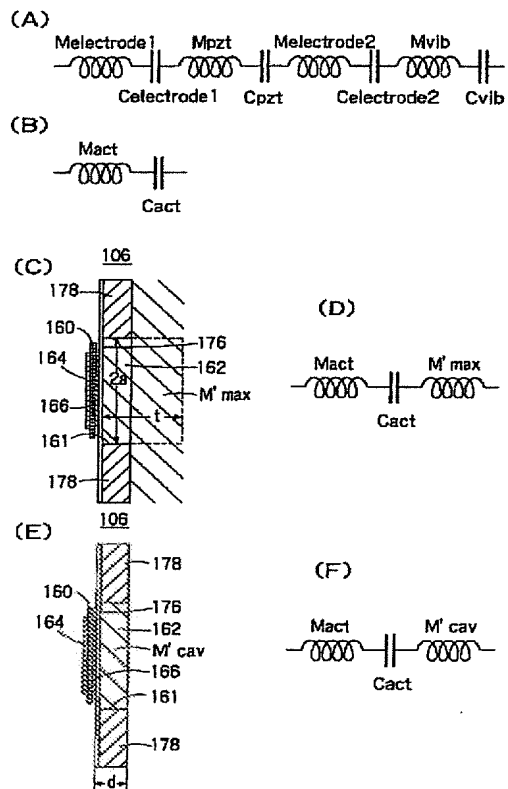
【図2】



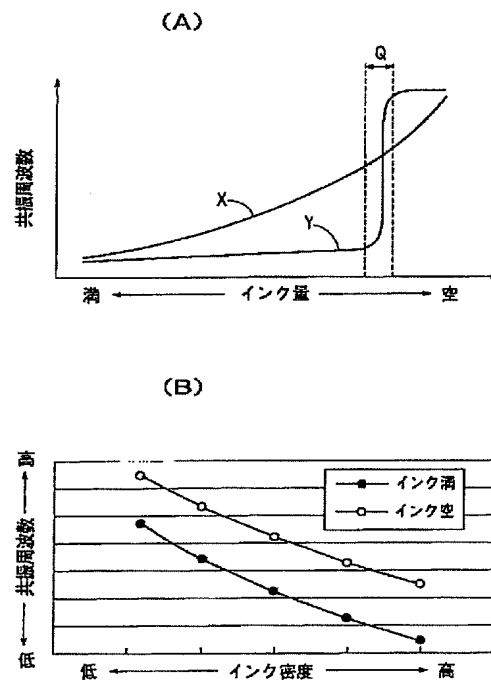
【図11】



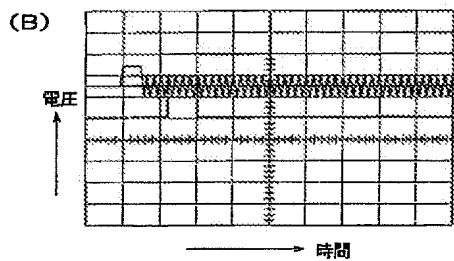
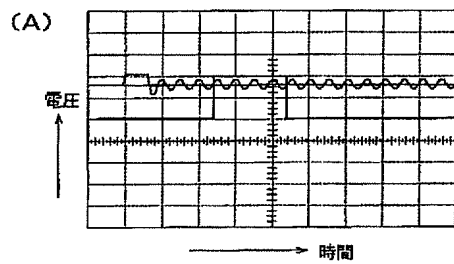
【図3】



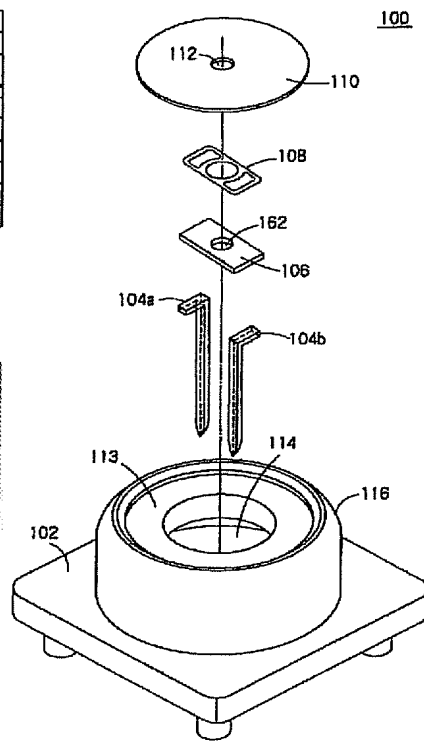
【図4】



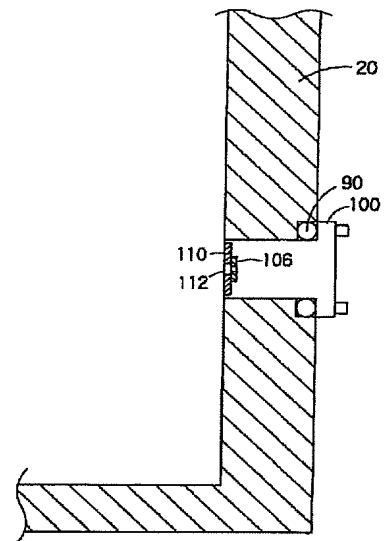
【図5】



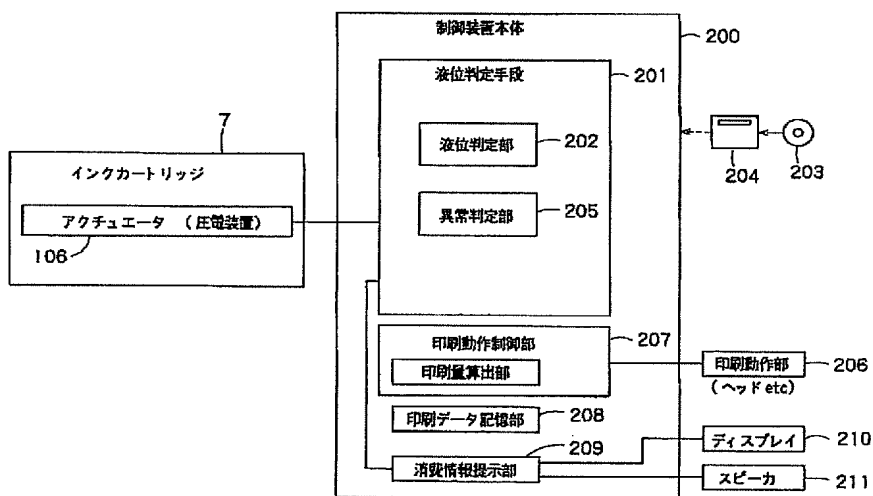
【図7】



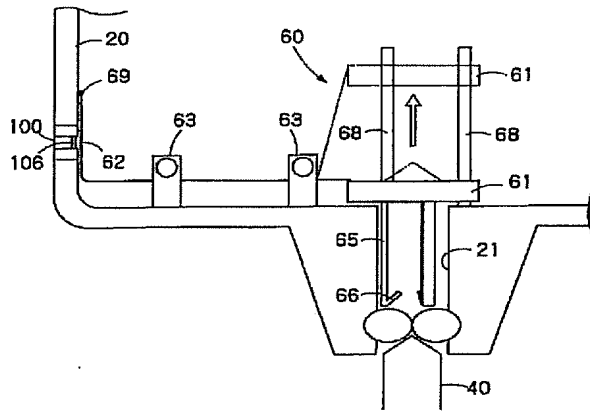
【図8】



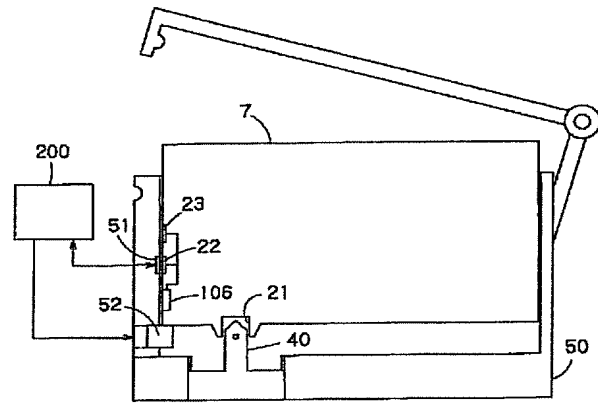
【図9】



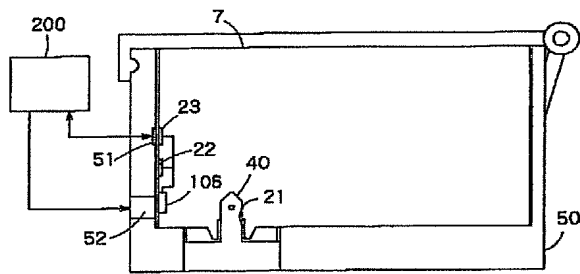
【図10】



【図12】



【図13】



【図14】

